

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica**

**DESENVOLUPAMENT D'UN SISTEMA BUSINESS  
INTELLIGENCE AL SECTOR DE L'AUTOMOCIÓ**



**Memòria i Annexos**

<b>Autor:</b>	OLIVER CARABALLO, JOAN JAUME
<b>Director:</b>	LLUVA SERRA, MARC
<b>Co-Director:</b>	TORRES ROS, EDUARD
<b>Convocatòria:</b>	JUNY 2019



## Resum

Tot i la importància de disposar de sistemes automàtics en empreses, les eines que et permeten analitzar el seu funcionament, marcaran l'evolució de la indústria en els pròxims anys. En aquest document es troba disponible el disseny i implementació d'un sistema propi de la indústria 4.0, que permet conèixer l'estat de múltiples línies productives de forma instantània.

El sistema dissenyat és capaç de llegir, operar i emmagatzemar més d'un milió de registres en menys de deu segons, permetent anàlisis posteriors on es poden extreure grans quantitats de correlacions i indicadors clau de rendiment de forma completament automàtica. La major part del disseny ha estat realitzada amb software obert, de forma que el sistema actual amb els coneixements necessaris, es pot aplicar sense cap dificultat a qualsevol altre línia productiva de qualsevol empresa o àmbit.

La lectura de l'estat de la línia proposada en aquest document i utilitzada per la multinacional alemanya KOSTAL, s'aconsegueix a partir de l'accés a una web interna de l'empresa on es troben disponibles múltiples gràfiques diferents que permeten a usuaris de diferents departaments (*qualitat, enginyeria o direcció*) analitzar l'estat de la línia de forma instantània i automàtica.

Tota la implementació ha estat realitzada, testejada i depurada en les línies de laserat automàtic pròpies de la multinacional alemanya KOSTAL Group en les quals, gràcies a l'ús del sistema, s'ha aconseguit establir protocols d'actuació que han permès millorar la seva eficiència i rendiment.

## Resumen

A pesar de la importancia de disponer de sistemas automáticos en empresas, las herramientas que permiten analizar su funcionamiento marcaran la evolución de las industrias en los próximos años. En este documento se encuentra disponible el diseño e implementación de un sistema propio de la industria 4.0, que permite conocer el estado de múltiples líneas productivas de forma instantánea.

El sistema diseñado es capaz de leer, operar y almacenar más de un millón de registros en menos de diez segundos, permitiendo análisis posteriores dónde se pueden extraer grandes cantidades de correlaciones e indicadores clave de rendimiento de forma completamente automática. La mayor parte del diseño ha sido realizada con software abierto, permitiendo así que el sistema actual, con los conocimientos necesarios, se pudiese aplicar sin ninguna dificultad a cualquier otra línea productiva de cualquier empresa o ámbito.

La lectura del estado de la línea propuesta en este documento y utilizada por la multinacional alemana KOSTAL, se consigue a partir del acceso a una web interna de la empresa dónde se encuentran disponibles múltiples gráficas diferentes que permiten a usuarios de diferentes departamentos (*calidad, ingeniería o dirección*) analizar el estado de la línea de forma instantánea y automática.

Toda la implementación ha sido realizada, testada y depurada en las líneas de laserado automático propias de la multinacional alemana KOSTAL Group en las cuales, gracias al uso del sistema se ha conseguido establecer protocolos de actuación que han permitido mejorar su eficiencia y rendimiento.

## Abstract

Despite the importance of having automatic systems in companies, the tools that allow analyzing their operation will mark the evolution of the industry over the next few years. In this document, there's available the design and implementation of a 4.0 Industry system that lets you instantaneously know, the status of multiple production lines.

The designed system is able to read, operate and save more than a million registers in less than ten seconds, allowing further analysis where large amounts of correlations and key performance indicators can be extracted in a completely automatic way. Most part of the design has been developed with open source software in such a way that, anyone with the required knowledge could apply it to any other business or field.

The machines state visualization proposed in this document that has already been used by the German multinational KOSTAL, is easily achieved through a simple internal business website where multiple graphs, used by different groups of people (*quality, engineering o managers*) in order to know the state of the production line instantaneously and automatically, can be found.

All the implementation that has been carried out, tested and debugged at KOSTAL Group automatic lasering production lines, has already been used to establish protocols of action that have allowed to improve its efficiency and performance.



## Agraïments<sup>1</sup>

*A l'Eduard Torres, per l'oportunitat donada i per tota la confiança posada en mi, has estat un tutor i cap excepcional, mai t'has conformat, i sempre m'has exigit més pujant el llistó i obligant-me a aprendre, a forçar els meus límits i arribar més lluny. Moltíssimes gràcies per haver-me ajudat a veure de tot el que soc capaç.*

*Al Mario S., has fet tant per mi, que no sé si mai t'ho podré retornar. Gràcies sinceres per aquests últims nou mesos, sense tu, res seria el que és a dia d'avui. Has estat el millor company-tutor-cap que hauria pogut desitjar.*

*Al Marc Lluva, gràcies per tots els consells que m'has proporcionat durant aquests mesos, i sobretot, per tot l'esforç i implicació personal que m'has dedicat de forma totalment altruista sense tenir-ne cap obligació.*

*Al Ero M. y al Guillermo P., habéis sido mis salvadores, sin vuestra ayuda, no sé qué habría sido de esto. Muchas gracias por todo.*

*A l'Andrés L., el Luís R, el Xavi H. i Sergi C. gràcies per tots els consells i ajudes que m'heu proporcionat durant aquests mesos.*

---

<sup>1</sup> En aplicació del Reglament General de Protecció de dades, s'han esborrat els cognoms de totes les persones a excepció del director i co-director del TFG.





## Glossari

*Per comoditat de comunicació entre les diverses seus de Kostal Group repartides arreu del món, s'utilitza l'anglès com a llengua principal d'interacció, i en conseqüència, la majoria de segles provenen de l'anglès i no del català.*

- **KOSPA, KOSTAL Elèctrica S.A, KOSTAL Espanya:** Seu de **KOSTAL Group** a Sentmenat
- **KPI:** En anglès, *key performance indicator* i en català, d'Indicador clau de rendiment.
- **OEE:** En anglès, *Overall Equipment Effectiveness* i en català, eficiència general dels equips. És un indicador clau de rendiment que permet analitzar l'eficiència dels equips.
- **BI o Business Intelligence:** En català, Intel·ligència empresarial. Corresponent a l'habilitat per transformar dades en informació.
- **Machine Learning:** Aprenentatge automàtic, normalment fa referència a màquines.
- **FMS:** En anglès, *Flexible Manufacturing System* i en català, sistema flexible de fabricació que en el cas d'aquest document fa referència a una màquina automàtica de laserat.
- **Jig:** Conjunt de peces capaç de *(El seu objectiu principal es proporcionar repetibilitat, precisió i intercanviabilitat durant un procés de fabricació).*
- **EOL:** EOL o *End of Line*, sistema de final de línia on es realitzen els anàlisis de qualitat.
- **HMI:** En anglès, *Human-Machine Interface* i en català, interfase gràfica home-màquina.
- **Pallet:** Plataforma de transport de Jigs en cinta.
- **Fase:** Etapa d'una línia productiva.
- **LK Ref o Referència:** Identificador únic de peça.
- **CSV:** Format de text pla amb delimitador de columnes, s'utilitza de forma complementaria al Excel.
- **Visual Basic:** Llenguatge de programació.
- **Visual Basic Applications o VBA:** Llenguatge de programació de macros propi de Microsoft.
- **SAP:** SAP Software Solutions, programari que s'utilitza per guardar informació dels components.
- **Flag:** Senyal que s'utilitza per detectar una acció dintre d'una funció, procés o etapa (*Programació*).
- **SQL:** Llenguatge estàndard de comunicació amb bases de dades relacionals.
- **MySQL:** Sistema de gestió de bases de dades relacionals a partir del llenguatge SQL.
- **VisuEL:** *Visualization of End of Line*, programari de visualització d'End of Line propi de KOSTAL.
- **TestMan:** Programari de les noves línies productives de KOSTAL.
- **R:** Entorn lliure i gratuït enfocat al càlcul estadístic.
- **IT o HDO:** Departament d'informàtica. (*Segles en Anglès i Alemany, respectivament*).
- **APP:** Departament d'enginyeria de processos. (*Segles en Alemany*)
- **Backup:** Còpia de seguretat
- **Deduplicar:** Tècnica especialitzada de compressió de dades per eliminar còpies de dades repetides.
- **Appliance:** Sistema de llicències



# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>V</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>VII</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>1</b>
1.1. Origen i motivació del treball .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>3</b>
2.1. Objectius del projecte .....	4
2.2. Objectius personals.....	4
2.3. No-Objectius .....	5
2.4. Abast del treball .....	5
<b>3. EMPRESA ON S'HA DESENVOLUPAT EL TFG</b>	<b>7</b>
<b>4. PRIMERES PASSES</b>	<b>9</b>
4.1. Flexible Manufacturing System (FMS).....	9
4.1.1. End of line (EOL) .....	11
4.2. Sistema automatitzat d'enregistrament d'informació.....	12
4.2.1. Creació, extracció i emmagatzematge dels registres .....	12
4.2.2. Desenvolupament de eines i tasques auxiliars .....	14
4.3. Key performance Indicator (KPI).....	16
4.3.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE) .....	16
4.3.2. Teoria matemàtica .....	17
4.3.3. Implementació inicial (Excel).....	19
4.3.4. Explotació i representació manual dels registres .....	20
4.4. Business Intelligence Visualization Tools.....	22
4.4.1. Data Visualization Giants.....	22
4.4.2. Tableau .....	25
4.5. Evolució del projecte.....	25
4.5.1. Propostes inicials .....	26
4.5.2. Matriu de riscos .....	26

4.5.3.	Restriccions indirectes (Constraints) .....	29
4.5.4.	Problemàtica indirecta.....	32
4.5.5.	Happy Idea - R .....	32
4.5.6.	SQL Server .....	34
<b>5.</b>	<b>PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE .....</b>	<b>35</b>
5.1.	Metodologia de gestió de projectes .....	35
5.2.	Gantt del projecte.....	36
<b>6.</b>	<b>PROJECTE DEFINITIU .....</b>	<b>39</b>
6.1.	Desenvolupament teòric .....	39
6.2.	Justificació del projecte .....	40
6.3.	Implementació .....	42
6.3.1.	Programació en R.....	42
6.3.2.	KostalR for FMS.....	46
6.3.3.	SQL Server .....	48
6.3.4.	KOSPA Friendly coding.....	50
6.3.5.	Subversion - Tortoise .....	51
6.3.6.	Tableau i la representació gràfica .....	51
<b>7.</b>	<b>FUTUR I ENDEMÀ DEL PROJECTE .....</b>	<b>63</b>
7.1.	Servidor SQL.....	64
7.2.	Altres implementacions.....	65
7.3.	Costs econòmics .....	65
7.4.	Protocol d'implementacions o canvis a seguir.....	66
<b>8.</b>	<b>APRENTATGE AUTÒNOM COMPLEMENTARI AL TFG .....</b>	<b>69</b>
8.1.	SQL .....	69
8.2.	Tableau.....	69
8.3.	Harvard – Data Science.....	70
<b>9.</b>	<b>RETROSPECTIVA .....</b>	<b>71</b>
9.1.	Anàlisi retrospectiu de la matriu de riscos .....	73
9.2.	Lliçons apreses .....	75
	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>77</b>
	<b>ANÀLISI ECONÒMICA .....</b>	<b>79</b>
	Costs de Hardware .....	79

Costs de llicències .....	80
Costs de la mà d'obra .....	81
Reducció de costs.....	82
Gestió d'inversions i costs.....	86
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>89</b>
<b>ANNEX A - ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES .....</b>	<b>91</b>
A1. Detall del Hardware utilitzat en el projecte .....	91
<b>ANNEX B - CÀLCULS MATEMÀTICS .....</b>	<b>93</b>
B1. Reducció de costs durant l'any d'inversió i implementació.....	93



## Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1. Mapamundi amb totes les seus de KOSTAL. [Font: KOSTAL]	7
Il·lustració 2. Clients i distribució de ventes. [Font: KOSTAL]	7
Il·lustració 3. Component electromecànic amb simbologia. (VW a l'esquerra, Daimler a la dreta) [Font: KOSTAL]	9
Il·lustració 4. Jig o conjunt de peces (Ford) [Font: KOSTAL]	10
Il·lustració 5. Model 3D de la FMS [Font: KOSTAL]	10
Il·lustració 6. Model 3D del EOL [Font: KOSTAL]	11
Il·lustració 7. Exemple de registres [Font: KOSTAL]	12
Il·lustració 8. Exemple d'emmagatzematge [Font: KOSTAL]	13
Il·lustració 9. LaserEOL CSV.exe [Font: Joan Jaume Oliver]	14
Il·lustració 10. OEE [Font: KOSTAL]	16
Il·lustració 11. Exemple d'OEE detallat [Font: KOSTAL]	16
Il·lustració 12. Distribució els temps en l'OEE. [Font: Joan Jaume Oliver]	18
Il·lustració 13. Actualització amb VBA d'una taula dinàmica. [Font: KOSTAL]	19
Il·lustració 14. Macro d'Excel amb interface gràfica [Font: Joan Jaume Oliver]	20
Il·lustració 15. L'Excel i el Big Data [Font: Excel]	21
Il·lustració 16. Business Intelligence Tools amb major recorregut. [Font: Webs Oficials]	23
Il·lustració 17. Business Intelligence Tools emergents dels últims temps. [Font: Webs Oficials]	24
Il·lustració 18. HMI pròpia de les FMS. [Font: KOSTAL]	29
Il·lustració 19. Exemple d'ús de VisuEL [Font: KOSTAL]	30
Il·lustració 20. Aplicació que permet enviar arxius .csv a VisuEL [Font: Joan Jaume Oliver]	31
Il·lustració 21. Aplicació que permet enviar arxius .csv a MySQL [Font: Joan Jaume Oliver]	34
Il·lustració 22. Metodologies de gestió de projectes. [Font: officialconsumerreport.com]	35
Il·lustració 23. Exemple de programació en R [Font: Joan Jaume Oliver]	42
Il·lustració 24. Exemple de connexió al servidor SQL amb sistema de Try/Catch [Font: Joan Jaume Oliver]	43
Il·lustració 25. Paràmetres de temporalitat del fitxer R. [Font: Joan Jaume Oliver]	45
Il·lustració 26. Estructura Interna de KostalR for FMS [Font: Joan Jaume Oliver]	46
Il·lustració 27. HMI del KostalR for FMS [Font: Joan Jaume Oliver]	46
Il·lustració 28. Arxiu de configuració propi del KostalR for FMS [Font: Joan Jaume Oliver]	47
Il·lustració 29. Windows Registry Editor [Font: Joan Jaume Oliver]	47
Il·lustració 30. Exemple del Logger del sistema. [Font: Joan Jaume Oliver]	48
Il·lustració 31. Organització del conjunt de taules del servidor. [Font: Joan Jaume Oliver]	49
Il·lustració 32. Sistema automàtic d'alertes. [Font: Joan Jaume Oliver]	50
Il·lustració 33. Exemple d'ús del subversion. [Font: Joan Jaume Oliver]	51
Il·lustració 34. KOSPA Tableau Server [Font: Joan Jaume Oliver]	62
Il·lustració 35. Futur del projecte [Font: Joan Jaume Oliver]	64
Il·lustració 36. Tràfic en el servidor durant 9 dies de treball continuat [Font: Joan Jaume Oliver]	67
Il·lustració 37. Sistema de monitorització del servidor SQL [Font: Joan Jaume Oliver]	68
Il·lustració 38. Harvard - Data Science [Font: edx.org]	70
Il·lustració 39. Sistema Front-End / Back-End dissenyat. [Font: Joan Jaume Oliver]	72

Il·lustració 40. Connexions entre departaments que realitza el sistema dissenyat [Font: Joan Jaume Oliver] 76

Il·lustració 41. Evolució del nombre de peces produïdes fins a final de maig del 2020. [Font: Joan Jaume Oliver] 93

## Índex de diagrames

Diagrama 1. Esbós inicial del sistema a implementar. [Font: Joan Jaume Oliver]	26
Diagrama 2. Gantt del projecte 1/2 [Font: Disseny pròpi]	36
Diagrama 3. Gantt del projecte 2/2 [Font: Disseny pròpi]	37
Diagrama 4. Desenvolupament teòric del projecte [Font: Joan Jaume Oliver]	39
Diagrama 5. Sistema de seguretat del projecte proposat al departament d'IT. [Font: Joan Jaume Oliver]	40
Diagrama 6. Sistema de seguretat resposta i proposta del departament d'IT. [Font: KOSTAL IT]	41
Diagrama 7. Sistema de Backup [Font: Joan Jaume Oliver]	44
Diagrama 8. Sistema de detecció d'errors. [Font: Joan Jaume Oliver]	48
Diagrama 9. Sistema teòric amb el SQL Backup. [Font: Joan Jaume Oliver]	49
Diagrama 10. Diagrama dels filtres de Tableau per dashboard. [Font: Joan Jaume Oliver]	53

## Índex de taules

Taula 1. Agrupació de temps	18
Taula 2. Taula comparativa dels dos sistemes de BI analitzats. (Valorats de 0 a 5).	24
Taula 3. Classificació dels riscos [Matriu de riscos]	27
Taula 4. Matriu de riscos del TFG	28
Taula 5. Resum del dashboard de Tableau Quality.	54
Taula 6. Resum del dashboard de Tableau Quality Defects.	55
Taula 7. Resum del dashboard de Tableau LaseringTimes.	56
Taula 8. Resum del dashboard de Tableau NOK by JigPosition.	57
Taula 9. Resum del dashboard de Tableau TOP Failure Reasons.	59
Taula 10. Resum del dashboard de Tableau OEE Agregat.	60
Taula 11. Resum del dashboard de Tableau del OEE per referència i hora.	60
Taula 12. Retrospectiva del projecte.	71
Taula 13. Resum dels riscos assumits en el projecte.	74
Taula 14. Costs del hardware i equipament utilitzat pel projecte.	80
Taula 15. Costs de les llicències utilitzades en el projecte.	81
Taula 16. Costs de la mà d'obra requerida al projecte.	82
Taula 17. Resum any a any de la reducció de costs.	85
Taula 18. Càlcul del VAN del projecte i la seva implementació	87
Taula 19. Especificacions tècniques detallades del Hardware utilitzat.	92

## Índex de Dashboards

Dashboard 1. Tableau Quality Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver]	54
Dashboard 2. Tableau Quality Defects Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver]	55
Dashboard 3. Tableau LaseringTimes Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver]	56



<i>Dashboard 4. Tableau Nok by JigPosition Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver] .....</i>	<i>57</i>
<i>Dashboard 5. Tableau TOP Failure reasons dashboard [Font: Joan Jaume Oliver] .....</i>	<i>58</i>
<i>Dashboard 6. Tableau dashboard OEE Agregado [Font: Joan Jaume Oliver] .....</i>	<i>59</i>
<i>Dashboard 7. Tableau dashboard OEE per dia i láser [Font: Joan Jaume Oliver] .....</i>	<i>60</i>
<i>Dashboard 8. Dashboard de Tableau de l'OEE per Referència i Hora [Font: Joan Jaume Oliver] .....</i>	<i>61</i>
<i>Dashboard 9. Dashboard de Tableau [Font: Joan Jaume Oliver] .....</i>	<i>65</i>



# 1. Prefaci

Sempre m'han agradat els reptes i he intentat no rendir-me mai, i per mi, aquest TFG ha estat una mostra de superació personal la qual ha servit per satisfer una necessitat pròpia d'una gran empresa del món industrial com és KOSTAL.

## 1.1. *Origen i motivació del treball*

Durant els mesos previs a la realització d'aquest treball, vaig tenir la sort de realitzar pràctiques a l'empresa i vaig descobrir l'interès i satisfacció personal que em suposava treballar-hi. Davant aquesta situació, vaig insistir durant mesos al manager d'enginyeria de processos de la necessitat de trobar-me un projecte de final de grau relacionat amb les pràctiques que havia estat realitzant i tant m'havien agradat. No volia deixar passar aquesta situació, i dia si i dia també, m'asseia a la seva taula per comentar la situació.

Al haver-me trobat immers en el món laboral vaig descobrir que significava treballar en un projecte real que per primera vegada no era un prototip. Vaig descobrir que tot i la desconfiança amb mi mateix, era capaç de fer coses impressionants, i no volia deixar escapar aquesta oportunitat, volia sí o sí, realitzar un treball de fi de grau en empresa.



## 2. Introducció

La indústria 3.0 o la tercera gran revolució industrial començada ara fa 13 anys<sup>1</sup>, esta començant a sofrir la presència de la nova era de la intel·ligència artificial. Avui en dia, amb l'aparició conceptual de la nova indústria 4.0<sup>2</sup> les necessitats de les indústries han evolucionat i s'han vist afectades per d'altres completament noves i diferents.

Fins fa uns anys, les necessitats de les indústries es basaven principalment en l'automatització i simplificació de processos, a dia d'avui, aquestes han donat una passa més i ara conjuntament amb aquestes necessitats, ha aparegut la relativa al control i gestió de forma automàtica d'aquests de processos. Facilitant així la presa de decisions preventives a partir de la informació del passat i les prediccions de futur.

Els sistemes basats en el coneixement de l'estat anterior d'un procés, es coneixen com a Business Intelligence, i són sistemes realment complexos que et faciliten l'accés a tot tipus d'informació i paral·lelament, t'ajuden a comprendre per exemple, si les decisions preses en el passat foren les adequades o necessiten d'un canvi o actualització. Els sistemes que t'ajuden a predir el futur, en canvi, són els comunament anomenats Data Science, i es basen en tècniques de Machine Learning aplicades als sistemes BI<sup>3</sup> prèviament mencionats.

Conèixer la informació relativa al estat d'un procés, es possiblement a dia d'avui una de les principals prioritats de les empreses industrials. Aquesta informació, et pot ajudar a ser més eficient i competitiu, forçant d'aquesta forma un decrement dels costos.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> El Juny del 2006, el Parlament Europeu avalava aquesta decisió.

<sup>2</sup> Indústria 4.0 també coneguda com l'actualització per fer el treball més senzill gràcies a la tecnologia.

<sup>3</sup> BI o Business Intelligence

<sup>4</sup> Com és detalla més endavant, no es parla directament de beneficis, sinó decrement de costos.

## **2.1. Objectius del projecte**

Aquest TFG es basa en el disseny i implementació d'un sistema real de tipus BI que apart de facilitar l'accés a la informació passada, t'obri les portes a intentar predir l'endemà.

D'aquesta forma es defineix l'objectiu principal com la creació d'una eina senzilla e intuïtiva que faciliti aquests tipus d'anàlisi.<sup>1</sup> Caldrà a l'hora, complir amb totes aquelles especificacions i necessitats que l'empresa requereixi en el dia d'ahir, avui i demà.

## **2.2. Objectius personals**

La decisió del treball, fou el principal objectiu personal. Durant els dos darrers anys de la carrera els estudiants tenen la sort de poder involucrar-se en algun projecte real<sup>2</sup> i començar entendre com aquest funciona. Punt on un mateix descobreix tot allò que apassiona i tot allò que no. La realització d'un TFG fora d'empresa, no era una opció, el repte que suposava haver-lo de realitzar dintre de la empresa, tot i les dificultats i entretemps que comportaria, era massa temptador per ser real.

La pressió que suposa el treball en empresa, la necessitat d'involucrar-se en un equip de treball i el que es coneix com sortir del cercle de confiança, encara que foren tres elements claus, no són comparables a la realització personal que suposa veure com el que has realitzat no es solament útil, sinó que és una peça clau i necessària d'un procés real que s'utilitzarà dia a dia. I així millorar un procés i a la llarga, crear a l'empresa un decrement en costos econòmics real.

---

<sup>1</sup> Fins al moment d'aquest treball, tot i que es disposava d'algunes dades, aquestes mai es varen arribar a analitzar detingudament.

<sup>2</sup> Gràcies principalment a les assignatures de Robòtica i Visió per Computador, Equips Electrònics, Instrumentació Electrònica i principalment, Informàtica Industrial. (Maig 2019)

## 2.3. No-Objectius

Definir els objectius d'un projecte no és senzill i menys quan aquest es realitza conjuntament amb una empresa. Dintre d'una empresa, especialment en les enfocades al sector automobilístic, el concepte d'objectiu es veu constantment difuminat amb el de data límit. En molts de casos, una necessitat pot veure's aplaçada envers una data límit i viceversa.

El disseny de millores en la indústria sempre és constant i mai arriba a un final, de forma que en aquest cas, és van definir com a no-objectius totes aquelles petites millores del sistema, com per exemple, gràfics diversos, que permetessin extensos anàlisis de correlacions i sobresortissin de que podríem definir com la base del sistema.

## 2.4. Abast del treball

*M'agradaria un sistema al qual pugi accedir des de qualsevol lloc de manera ràpida i senzilla, però que a l'hora em proporcioni tota la informació necessària de les FMS de forma instantània.*

Eduard Torres Ros (Gener 2019).

Fou la frase que el tutor i cap dintre de KOSTAL digué per definir la necessitat real que va impulsar aquest projecte i indirectament, el seu abast.





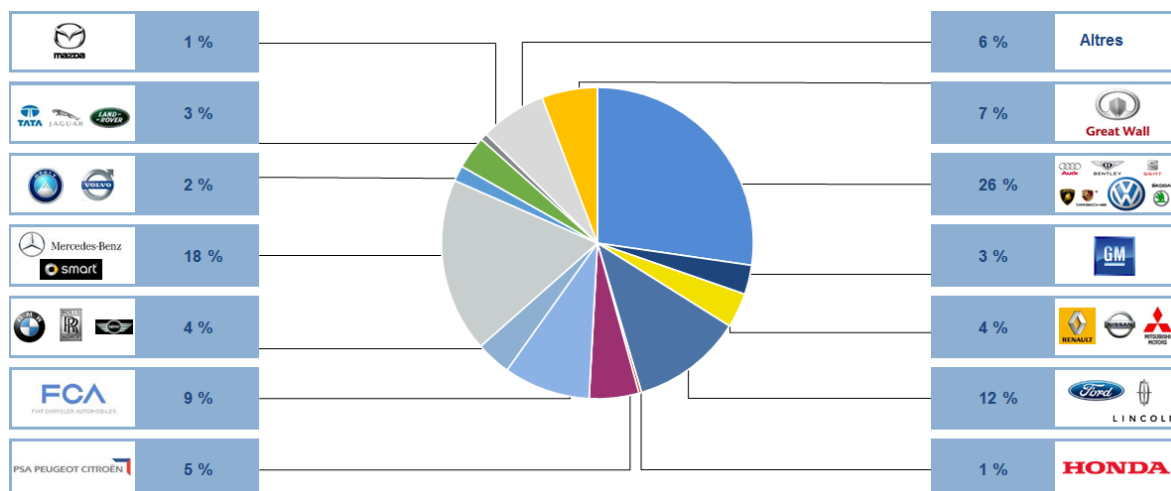
### 3. Empresa on s'ha desenvolupat el TFG

El grup **KOSTAL** és una empresa multinacional familiar independent d'origen alemany amb seu a Lüdenschied que s'estructura en quatre divisions industrials i presència a 21 països a partir de les seves 46 seus. L'any 2018 va assolir un volum de ventes de 2.594 milions d'euros amb una plantilla de 19.661 treballadors.



Il·lustració 1. Mapamundi amb totes les seus de KOSTAL. [Font: KOSTAL]

La filial espanyola, KOSPA, ubicada a Sentmenat, queda enquadrada dintre de la divisió d'Automoció dedicada al disseny, desenvolupament i industrialització de sistemes i mòduls mecatrònics amb acabats plàstics d'alt component estètic. L'any passat, va assolir un volum de ventes de 200 milions d'euros amb una plantilla de 1070 persones.



Il·lustració 2. Clients i distribució de ventes. [Font: KOSTAL]



## 4. Primeres passes

Encara que en gran mesura el projecte es podria considerar mitjanament independent de les línies de producció, al poder-se extrapolar amb total senzillesa a qualsevol altre línia<sup>1</sup>, va començar com una millora d'unes línies de producció específiques. A continuació s'explicaran amb cert detall el funcionament i objectius d'aquestes línies.

### 4.1. Flexible Manufacturing System (FMS)

Una FMS o sistema flexible de fabricació és en aquest cas, una màquina automàtica de laserat que com el seu nom indica s'utilitza per laserar tots aquells patrons que els diversos clients de KOSTAL requereixen en les seves especificacions.

Comunament, la majoria de components electromecànics que es fabriquen solen incloure en alguna de les seves parts algun tipus de simbologia, ja sigui per la radio, el volant, la palanca de canvis o alguna funcionalitat específica del cotxe. És per aquest motiu que previ a l'assemblatge final del conjunt, algunes de les peces necessiten de processos de laserat.

Les FMS es caracteritzen per ser capaces de laserar peces de tot tipus, petites, grans, rodones, quadrades, reflectants, en superfícies planes, inclinades o fins i tot, amb curvatures. Permetent d'aquesta forma complir qualsevol necessitat o desig del client.



Il·lustració 3. Component electromecànic amb simbologia. (VW a l'esquerra, Daimler a la dreta) [Font: KOSTAL]

---

<sup>1</sup> Aquest detall es troba explicat en apartats posteriors.

En el cas de KOSTAL, les FMS són tres línies dobles<sup>1</sup> de producció totalment idèntiques, on diversos operaris introdueixen conjunts de peces o Jigs permetent el seu laserat automàtic.



*Il·lustració 4. Jig o conjunt de peces (Ford) [Font: KOSTAL]*



*Il·lustració 5. Model 3D de la FMS [Font: KOSTAL]*

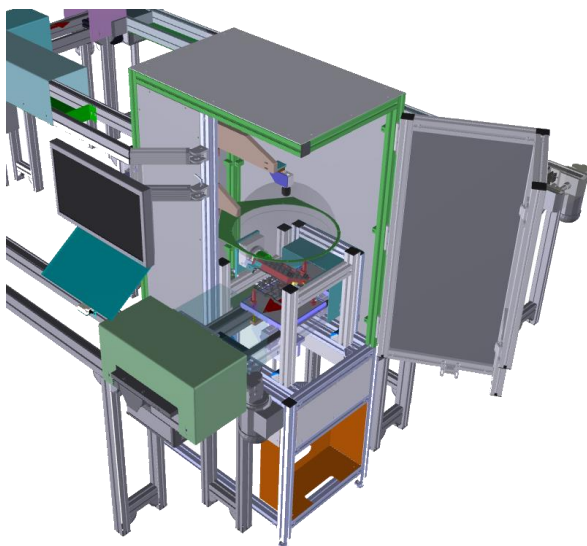
---

<sup>1</sup> Disposen de dos capçals làser i doble lloc de càrrega/descàrrega.

#### 4.1.1. End of line (EOL)

Per poder assegurar als clients amb completa certesa l'estat dels patrons laserats que se'ls entrega, es va introduir a la sortida conjunta dels làsers, un sistema de final de línia (*EOL o End of Line*) encarregat d'analitzar en complet detall la qualitat dels patrons i detectar tots aquells que presentessin algun conflicte, com per exemple, un desplaçament o una gruixa de laserat que suposés un incompliment de les especificacions de client.

En un món tan competitiu, la presència d'un sistema de qualitat com aquest et permet destacar davant altres sistemes no tan evolucionats. Aquest sistema és capaç en qüestió de segons analitzar els conjunts acabats de laserats amb total fiabilitat i certesa, permetent d'aquesta forma complir amb les especificacions de client més estrictes.<sup>1</sup>



Il·lustració 6. Model 3D del EOL [Font: KOSTAL]

Encara que la principal funcionalitat d'aquest sistema és l'anàlisi de qualitat, al treballar amb un sistema operatiu programable i disposar de control sobre el PLC de la línia, aquest va quedar obert a noves funcionalitats com la d'aquest TFG.

---

<sup>1</sup> Alguns clients requereixen de toleràncies de desplaçament de  $\pm 0,05$  mm.

## 4.2. Sistema automatitzat d'enregistrament d'informació

La FMS<sup>1</sup>, com a màquina clau en la producció de qualsevol peça amb laserat, requereix d'algun sistema de monitorització que ens permeti analitzar amb profunditat la línia de producció. Avui en dia, la majoria de sistemes de monitorització automàtics disponibles al mercat, encara que teòricament funcionen de manera paral·lela a la línia, s'instal·len en el propi ordinador i creen una dependència completament innecessària. La idea general d'aquests sistemes recau en poder-se utilitzar de forma global en qualsevol situació i línia productiva, de forma que les característiques que presenten, en el cas d'empreses com KOSTAL, es converteixen en limitacions i a la llarga, inconvenients.<sup>2</sup>

Un sistema de monitorització, no és altra cosa que una HMI<sup>3</sup> que comunica i tradueix la informació de la màquina, FMS en aquest cas, en algun llenguatge entenedor per una persona humana.<sup>4</sup> En el cas d'aquest projecte, l'interès era analitzar l'estat de la màquina a partir de representacions d'indicadors clau de rendiment.

### 4.2.1. Creació, extracció i emmagatzematge dels registres

El pas previ necessari per dissenyar la matemàtica necessària que hi ha al darrere de qualsevol índex d'eficiència o rendiment, és la creació d'una estructura suficientment genèrica que no et pugi limitar en cap situació i permeti la posterior extracció i emmagatzematge de registres.<sup>5</sup>

```
Date;Time;LKRef;Single/Set;PartsPerJig;SAPTime;Result;EOLResult;LaserN;LaseringTime;LaseringStationCycleTime;...
28/05/2019;03:16:06;10078973;Jig_Single;20;0,361;FC_OK;1;8;48,75036;53,90559;211;A1;Button;WINDOW;1;
28/05/2019;03:16:06;10078973;Jig_Single;20;0,361;FC_OK;1;8;48,75036;53,90559;211;B1;Button;WINDOW;1;
```

*Il·lustració 7. Exemple de registres [Font: KOSTAL]*

<sup>1</sup> Tot i que es parla de FMS en la majoria de situacions es fa referència al sistema EOL. Aquest disposa de control damunt el PLC i és el *cervell* del conjunt.

<sup>2</sup> L'entorn de treball de les FMS és molt específic i diferent als entorns que contenen els sistemes disponibles al mercat.

<sup>3</sup> HMI, *Human (Y) Machine Interface* que se utilitza per la interacció entre humans i màquines.



<sup>4</sup> Normalment, gràfics.

<sup>5</sup> A partir d'aquest moment es parlarà de registres i no d'informació de la màquina.

En el cas de les FMS, es va considerar recopilar per peça, la següent informació:

- |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| · Data i hora de laserat             | · Composició del conjunt <sup>2</sup> |
| · Referència <sup>1</sup> de laserat | · N° peces del conjunt                |
| · Temps teòric de laserat            | · Resultat final del procés (OK, NOK) |
| · Capçal del làser                   | · Resultat de la fase <sup>3</sup>    |
| · Temps de laserat                   | · N° de pallet <sup>4</sup>           |
| · Temps de cicle de laserat          | · N° d'operador                       |
| · Posició dintre del conjunt         | · Nom de la peça                      |

Un cop definida tota la estructura a seguir, es va decidir emmagatzemar tota aquesta informació en fitxers de text plans o \*.csv<sup>5</sup> dintre d'una localització segura.<sup>6</sup>

 results VIS 2019-03-05.csv	05/03/2019 23:57	Archivo de valores...	3.123 KB
 results VIS 2019-03-04.csv	04/03/2019 23:52	Archivo de valores...	2.694 KB
 results VIS 2019-03-03.csv	03/03/2019 17:50	Archivo de valores...	1.860 KB
 results VIS 2019-03-02.csv	02/03/2019 17:56	Archivo de valores...	3.188 KB

*Il·lustració 8. Exemple d'emmagatzematge [Font: KOSTAL]*

Programar un sistema d'enregistrament té les seves complicacions, i en moltes situacions, els conflictes i problemes apareixen amb el temps. En el cas de les FMS, es va haver de depurar l'exportació de registres durant mesos, per realitzar les correccions adequades al comportament no desitjat que aquest estava duent a terme, i afectava directament al càlcul dels índex d'eficiència.<sup>7</sup>

---

<sup>1</sup> Una referència es un codi numèric de nou xifres que et permet identificar ràpidament qualsevol component.

<sup>2</sup> Les FMS treballen en conjunts de peces.

<sup>3</sup> Qualsevol línia de producció es classifica en diverses fases.

<sup>4</sup> Un pallet, es l'equipament mecànic i electrònic sobre el qual es col·loquen els conjunts de peces.

<sup>5</sup> Un fitxer \*.csv es un fitxer de text pla delimitat per comes.

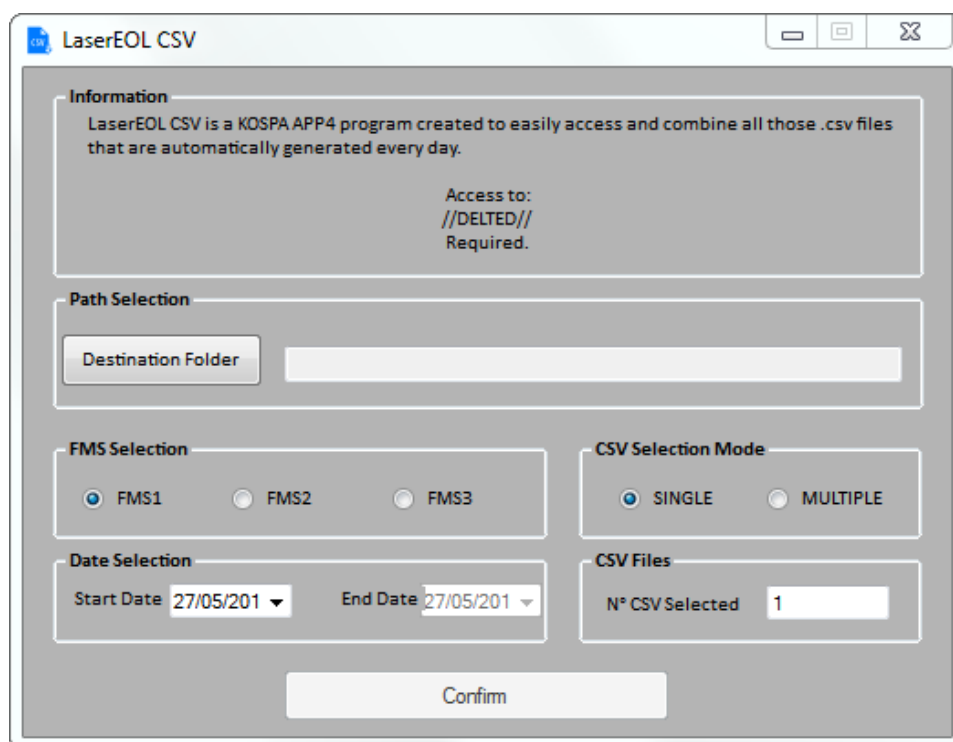
<sup>6</sup> Direcció de la intranet gestionada pels companys d'informàtica on es realitzen còpies de seguretat de forma periòdica.

<sup>7</sup> Alguns paràmetres dels registres no s'emmagatzemaven de la forma adequada.

#### 4.2.2. Desenvolupament de eines i tasques auxiliars

Encara que amb un sistema de generació de registres tot sembli solucionat, és necessari assegurar-se que aquest funcionarà ininterrompudament. De forma auxiliar i amb l'objectiu de d'assegurar-se en un futur, la robustesa de les correccions realitzades, s'ha programat una aplicació que accedeix, combina i copia per tu els fitxers de registres.

Quan una línia productiva es troba en funcionament, ella mateixa autogestiona el registre del dia en qüestió, de forma que si algun usuari realitzés alguna interacció amb els registres, es podria arribar a parar la producció.<sup>1</sup>



Il·lustració 9. LaserEOL CSV.exe [Font: Joan Jaume Oliver]

**LaserEOL CSV.exe** és una aplicació programada en *VisualBasic* que et permet accedir de forma segura al registres de les FMS, sense comprometre la integritat del sistema.

<sup>1</sup> Ens trobaríem en una situació de doble lectura no esperada i gestionada, de forma actualment si s'han de consultar registres, s'ha d'usar l'aplicació LaserEOL CSV generada per l'estudiant.



Per guardar tota la informació corresponent als registres de les línies de producció, és necessari disposar d'informació relativa a la peça.<sup>1</sup> És per això que es va revisar la integritat d'aquests i tot que es va decidir continuar utilitzant els sistemes de *MSAccess*<sup>2</sup> inicials. Es va decidir, per seguretat, realitzar múltiples actualitzacions<sup>3</sup> de seguretat.

Aprofitant la necessitat d'intervenció de la producció i amb l'objectiu d'augmentar la comoditat dels enginyers responsables del sistema, es van integrar totes les bases de dades de totes les línies productives en una única, que es va penjar al núvol intern de KOSPA.<sup>4</sup>

Adicionalment, es va redissenyar el sistema de múltiple connexionat simultani, fins el moment aquest no havia estat necessari ja que cada línia disposava de la seva pròpia base de dades, però al integrar-les en una única, va caldre gestionar adequadament tots els permisos d'aquesta.

Al haver evolucionat i millorat el sistema de les bases de dades *MSAccess*, quedava romanent la necessitat d'alguna eina que permetés sobre escriure tots aquells paràmetres que han pogut quedar obsolets al llarg dels anys. **ImportCSV()** és un script o mòdul en VisualBasic Applications de *MSAccess* que supleix aquesta necessitat.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Client, descripció, família, nombre de peces del conjunt, etc.

<sup>2</sup> Base de dades pròpia de Microsoft.

<sup>3</sup> Aquests es trobaven en *MSAccess 97*. (*MSAccess o Access és un software de bases de dades relacionals propi de Microsoft que sol venir inclòs amb el mundialment conegut paquet del Office*).

<sup>4</sup> D'aquesta manera s'aconsegueix que qualsevol modificació realitzada, s'apliqui automàticament en les tres línies productives.

<sup>5</sup> Macro d'*Access* que permet actualitzar tots els valors d'un paràmetre de forma automàtica. (*Fins al moment és modificaven els més de 300 paràmetres de forma manual*).

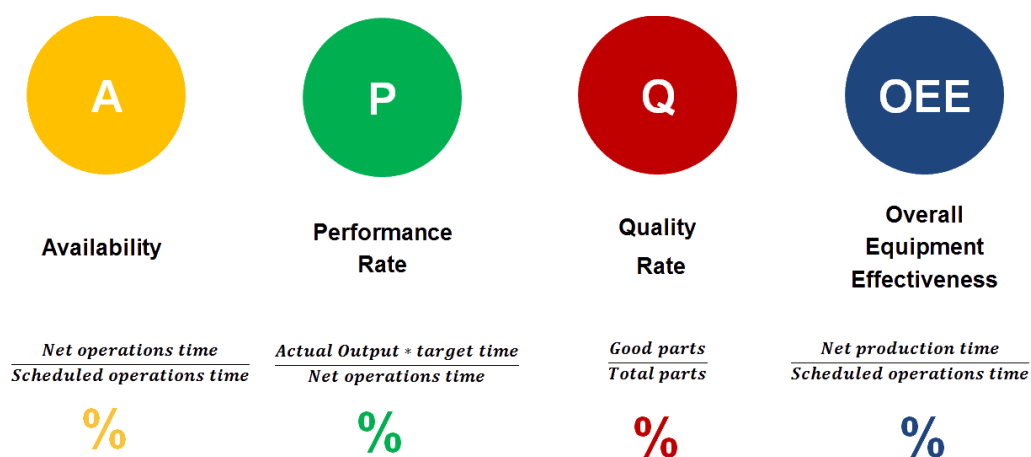
### 4.3. Key performance Indicator (KPI)

Un indicador clau de rendiment, KPI en anglès, és una mesura que s'utilitza per comprendre com d'efectiva és una empresa a l'hora d'assolir certs objectius, comunament, de caire empresarial. Normalment s'expressen en forma percentual i tenen com a objectiu principal avaluar un procés de forma constant apreciand de forma simultània la rendibilitat d'un projecte. Definir un KPI comporta entre d'altres, marcar un objectiu a futur i la necessitat d'una mesura qualitativa dels resultats.

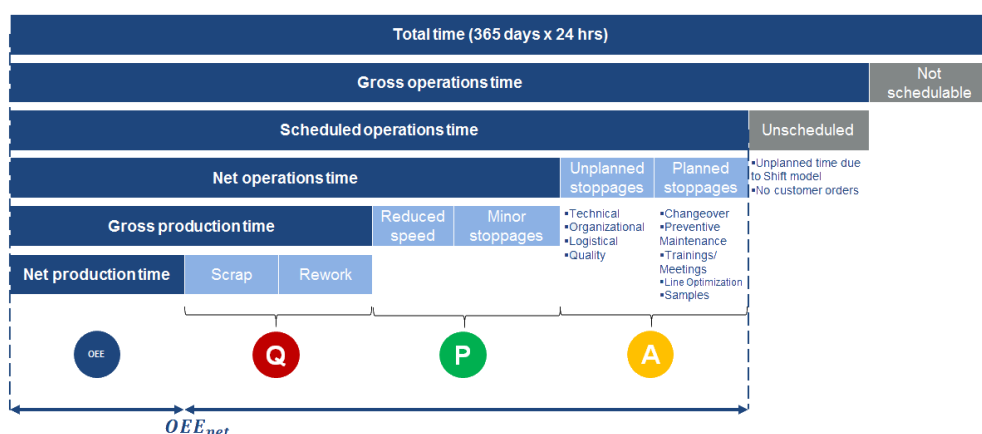
En el cas de KOSPA (*Kostal Elèctrica, S.A*) s'ha considerat utilitzar l'*Overall Equipment Effectiveness* (OEE), reconegut mundialment, com a mesura d'anàlisi de diverses línies de producció.

#### 4.3.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

L'OEE contempla de forma independent sis factors interrelacionats mitjançant tres coeficients.



Il·lustració 10. OEE [Font: KOSTAL]



Il·lustració 11. Exemple d'OEE detallat [Font: KOSTAL]

### 4.3.2. Teoria matemàtica

$$OEE = B/A \times D/C \times F/E \quad (\text{Eq. 1})$$

Conceptualment, s'han definit els tres coeficients que conformen l'OEE com a continuació s'indica:

$$\text{Coeficient de qualitat}_{F/E} = \frac{N^{\circ} \text{ peces OK}}{N^{\circ} \text{ peces OK} + N^{\circ} \text{ peces NOK}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Coeficient de rendiment}_{D/C} = \frac{N^{\circ} \text{ peces OK} + N^{\circ} \text{ peces NOK}}{N^{\circ} \text{ peces teòriques}} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\begin{aligned} \text{Coeficient de disponibilitat}_{A/B} \\ = \frac{\text{Temps productiu}}{\text{Temps productiu} + \text{Temps d'aturada}} \end{aligned} \quad (\text{Eq. 4})$$

Encara que a la pràctica, s'ha requerit d'una posterior transformació dels registres i un profund coneixement d'aquests i la línia sobre la qual es calcula l'índex o indicador.

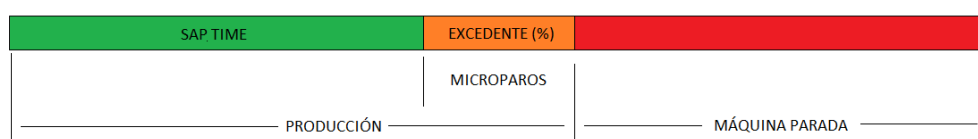
En la majoria de casos, l'operació més trivial ha resultat ser la més complexa. Quan per exemple s'enregistra una nova dada, aquesta no s'enregistra com a peça OK o NOK, sinó amb un valor d'estat corresponent a subetapa del test que ha aconseguit o no superar (*símbol desplaçat, traç massa gruixat, etc.*). Aquest petit detall, permet diversos tractaments posteriors dels registres molt interessants com conèixer si un mateix error és o no recursiu d'un procés i per això s'ha adaptat el sistema als registres i no els registres al sistema.

Aquesta decisió, presa en el seu moment, obliga a fer una distinció amb el significat del coeficient de qualitat i de producció. Una peça que per algun motiu ha sortit de la màquina sense laserar, no ha d'afectar al coeficient de qualitat, ja que es pot tornar a enviar en una segona tanda, però sí que ha d'influir d'alguna forma en el coeficient de producció, vist que s'ha perdut un temps que al cap de l'any podria resultar influent. Petits detalls com aquest, han dificultat tota la matemàtica que hi ha al darrere de l'OEE.

Per el cas específic d'aquesta línia de producció i tipologia de registres, per a calcular l'OEE d'un període de temps específic s'han de seguir els següents passos:

1. Definir una nou paràmetre que permeti relacionar el codi de l'estat final de la peça amb els grups de peces OK o NOK a partir de totes les *subetapes* del procés.

2. Filtrar per *pallets*, és a dir, filtrar per duplicats. Quan es lasera una peça, aquesta sempre es fa dintre d'un conjunt o *jig* de peces<sup>1</sup>, de forma que a les dades és comú trobar que en el mateix instant s'ha laserat més d'una peça i per tant, s'ha de definir un paràmetre que permeti en algunes situacions, computar a partir del nombre de conjunts i no de peces.
3. Definir els intervals de temps. Quan s'enregistra una nova peça o conjunt, aquest ho fa complementàriament amb el temps de sortida, però no amb el d'entrada, és per aquest motiu, que si es vol analitzar el temps que ha trigat, cal conèixer l'anterior registre i calcular la diferencia entre ells.
4. Calcular el temps productiu. Encara que per norma general, el temps que hi ha entre dos conjunts es correspon amb el temps productiu, a vegades, factors diversos poden alterar-ho. Es per aquest motiu, que es va decidir definir el temps productiu de la següent forma:



Il·lustració 12. Distribució els temps en l'OEE. [Font: Joan Jaume Oliver]

Es considera que de l'interval de temps total, es correspon amb el temps productiu aquell que inclou el temps de SAP<sup>2</sup> (temps teòric) amb un excedent (prefixat). L'excedent s'utilitza per fer una distinció entre coeficients i influir adequadament en el que pertoca.

5. Agrupar, classificar i filtrar per hores els intervals de temps.

Hora de producción	Paro	Producción	Total
9	00:05:55	00:54:05	01:00:00

Taula 1. Agrupació de temps

6. Calcular un cop es té tota aquesta informació, els sis paràmetres de l'OEE i els seus posteriors tres coeficients.

*Per raons de complexitat i extensió, s'ha simplificat l'explicació del càlcul de l'OEE.*

<sup>1</sup> Exemple: Il·lustració 4. Jig o conjunt de peces (Ford)

<sup>2</sup> SAP Software Solutions proporciona el programari on es guarda el temps teòric del nostre interès.

### 4.3.3. Implementació inicial (Excel)

Com a primera idea, es va procedir a realitzar el càlcul de l'OEE d'un dia específic mitjançant el programa de full de càlcul més important del moment, l'Excel. Aquest disposa de diverses eines com són les grans quantitats de formules matemàtiques, taules dinàmiques i diverses eines de gràfics, que permeten, almenys durant l'aproximació inicial, calcular l'OEE d'un període de temps específic.

L'Excel, al igual que la majoria de fulls de càlcul disponibles al mercat, disposa d'una qualitat excepcional de cara a realitzar operacions matemàtiques molt repetitives, la possibilitat de modificar un paràmetre (*casella*) i que totes aquelles altres que tinguin alguna relació amb la que s'ha vist alterada, es tornin a calcular. Aquest detall però, no s'aplica a les taules dinàmiques, essencials pel càlcul de l'OEE. És per això, que de forma preliminar i amb els coneixements típics d'usuari, no hi ha manera automatitzar el càlcul d'aquest indicador.

#### Excel avançat, VBA i macros.

Per els motius anteriorment comentats, davant el gran pas realitzat i havent calculat l'OEE d'un dia, es va decidir investigar programació avançada d'Excel, les macros i el *VisualBasic for Applications* amb l'esperança d'obtenir un full de càlcul automatitzat.

El que primer es va fer, gràcies a l'ajuda d'altres companys de treball, va ser realitzar una macro que permetés la importació de les dades al full de càlcul des de un arxiu .csv. Un cop assolit aquest petit objectiu, cada vegada que es volia calcular l'indicador d'un nou període, es podia importar un nou fitxer i manualment, actualitzar totes les taules dinàmiques.

Un cop descobert la gran flexibilitat de l'Excel, es va decidir afegir al codi d'importació, diverses funcions, que mitjançant localitzacions, identificadors i programació seqüencial, permetien actualitzar les taules dinàmiques desitjades.

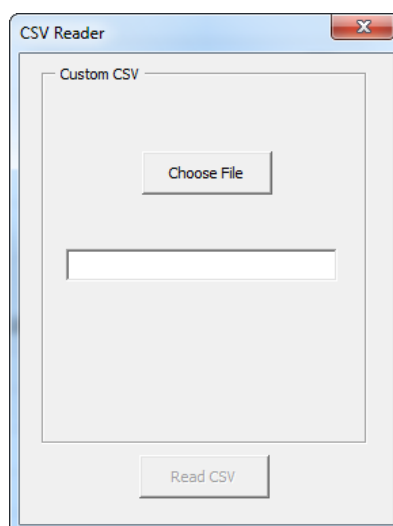
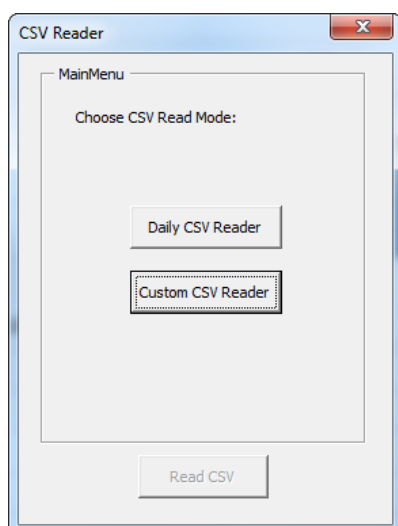
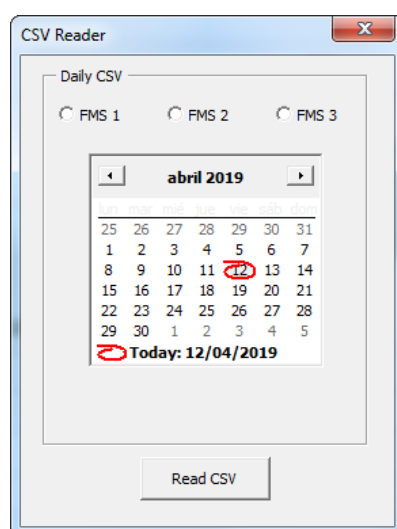
```
Set pt = ActiveSheet.PivotTables("Taula dinàmica100")
pt.RefreshTable
pt.PivotFields("DateTime").ClearAllFilters
pt.PivotFields("DateTime").PivotItems(" (blank) ").Visible = False
pt.PivotFields("Hora de producció").ClearAllFilters
pt.PivotFields("Hora de producció").PivotItems(" (blank) ").Visible = False
pt.PivotFields("LKRef").ClearAllFilters
pt.PivotFields("LKRef").PivotItems(" (blank) ").Visible = False
pt.PivotCache.Refresh
```

*Il·lustració 13. Actualització amb VBA d'una taula dinàmica. [Font: KOSTAL]*

#### 4.3.4. Explotació i representació manual dels registres

La idea del projecte era la realització d'un sistema que permetés consultar aquest indicador en facilitat sempre que es desitgés. Per aquest motiu, es va dissenyar un petit formulari de selecció de dia i línia de producció el qual accedia a la xarxa interna de KOSTAL i seleccionava automàticament l'arxiu .CSV corresponent.

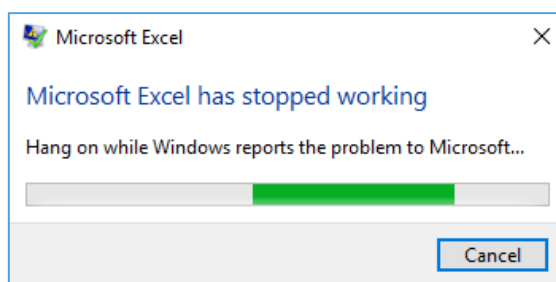
Aquest petit formulari, era una aproximació inicial al desitjat, però presentava diversos inconvenients. El primera estava relacionat amb el fet de no poder seleccionar múltiples dies ni arxius .csv personalitzats o modificats. Davant aquests petits inconvenients, es va professionalitzar el formulari afegint-li les opcions esmenades i necessàries.



Il·lustració 14. Macro d'Excel amb interface gràfica [Font: Joan Jaume Oliver]

Un cop es disposava del sistema, es va poder apreciar la seva ineficiència, fins aquest moment, el màxim nombre de registres que es computaven rondava els 35.000, mentre que si es volia calcular per exemple l'OEE relatiu a una setmana, el nombre de registres es veia incrementat a 210.000.

Aquest va ser un punt d'inflexió, no es podia calcular l'OEE de manera senzilla, s'havia de seccionar en arxius de màxim 150.000 registres<sup>1</sup>, calcular-los per separat i posteriorment agrupar-los manualment en un altre arxiu. Si per algun motiu però, s'utilitzava un arxiu més gran, els ordinadors es tancaven de forma sobtada<sup>2</sup> o aquest trigava una quantitat de temps exagerada i addicionalment podia arribar a sobrepassar els 150 Mb.



Il·lustració 15. L'Excel i el Big Data [Font: Excel]

---

<sup>1</sup> Nombre màxim de registres que l'ordinador de l'estudiant era capaç de calcular. (Les especificacions tècniques d'aquest es troben disponibles en Office Suite de l'Annex d'especificacions tècniques Annex A - Especificacions tècniques).

<sup>2</sup> Es consumia tota la memòria RAM del PC de desenvolupament.

## 4.4. Business Intelligence Visualization Tools

Excel ha demostrat la seva gran capacitat, encara que per aquest projecte se l'hi requereix més del que és capaç de proporcionar i en conseqüència se'ns queda curt. El que es vol fer, es coneix com a Business Intelligence (BI) i tracta d'un conjunt d'estratègies, productes i aplicacions enfocats a l'anàlisi de dades. Recordem que en el nostre cas s'està tractant una mitjana de 35.000 registres per línia de producció i dia, de forma que ens trobem immersos en el totalitat del *Big Data* i en conseqüència, necessitem d'eines que ens facilitin la feina i ens ajudin a assolir els nostres objectius.

### 4.4.1. Data Visualization Giants

En l'actualitat trobem disponibles dos grans softwares destinats a la visualització de BI que ens serviren per al nostre objectiu, aquests són *Tableau* i *QlikView*, dues de les plataformes més conegudes a escala mundial.

En el nostre cas, la idea és disposar d'un Software que ens permeti representar qualsevol KPI<sup>1</sup> ja sigui en visualització en temps real o si menys no, instantània<sup>2</sup>. De forma que tot i que en una comparativa com aquesta es podrien tenir en consideració moltíssims de factors, finalment, sols s'han considerat aquells que podrien resultar d'interès per al projecte.

#### · Rendiment:

**QlikView** disposa d'un model associatiu que el permet treballar a grans velocitats. A dia d'avui, no hi ha cap altre software de visualització que sigui capaç de vèncer aquestes velocitats.

**Tableau**, funciona gracies a unes tècniques cubiques que resulten també en altes velocitats, però més lentes que les del seu competidor.

---

<sup>1</sup> El sistema dissenyat, no s'ha de veure en el futur, limitat degut a software de tercers.

<sup>2</sup> Un sistema tipus directe es caracteritza per actualitzar-se de forma automàtica, mentre que un sistema tipus instantani, s'actualitza a l'instant de consulta de dades.



• **Visualització:**

**QlikView**, encara que permet visualitzar de forma molt còmode, aquesta no és la seva funcionalitat principal. *QlikView* es caracteritza per facilitar a l'usuari el descobriment d'anomalies de forma relativament simple.

**Tableau**, la visualització és la seva funcionalitat principal.

• **Potencial:**

**QlikView** disposa d'un sistema de visualització robust enfocat a un anàlisi de patrons.

**Tableau**, possibilitat de visualització en temps real.<sup>1</sup>

• **Integració:**

Encara que *Tableau* permet més connexions a orígens de dades diferents que *QlikView*, ambos permeten la integració amb els orígens de dades principals i més comuns.

• **Preu:**

**QlikView**, encara que la llicència d'escriptori individual pot arribar a ser completament gratuïta<sup>2</sup>, quan es necessita compartir arxius i permetre que diverses persones el visualitzin el mateix arxiu, aquest resulta ser molt car. Es requereix d'un servidor *QlikView*, que depenent de les seves característiques, pot arribar a superar els 30.000€.

**Tableau**, les llicències d'escriptori, a diferència de *QlikView*, no són gratuïtes, rondan els 1000€. En contraposició, en termes de servidor, el preu de *TableauServer* ronda també els 1000€.<sup>3</sup> Per aquest motiu, en el cas de grans empreses, *Tableau* resulta ser més assequible.



Il·lustració 16. Business Intelligence Tools amb major recorregut. [Font: Webs Oficials]

---

<sup>1</sup> O si menys no, instantània.

<sup>2</sup> Si sempre s'executa l'arxiu des de el PC on es va crear.

<sup>3</sup> Nota: Els preus són orientatius, quan una empresa com KOSTAL fa alguna compra d'aquest estil, es sol adherir a grans ofertes relacionades amb moltíssimes llicències i solen ser més barates del que apareix inicialment al web. [Abril 2019]

Aquesta comparativa es podria haver estès a altres softwares que estan agafant molta força en els últims temps com són el **SISENSE** o el **PowerBI** de Microsoft, però es va decidir considerar únicament aquells que ja porten cert recorregut i generaven major confiança.



*Il·lustració 17. Business Intelligence Tools emergents dels últims temps. [Font: Webs Oficials]*

Amb l'objectiu de realitzar l'adequat anàlisi, a continuació es troba una taula de puntuació dels dos sistemes de BI analitzats.

	<b>RENDIMENT</b>	<b>VISUALITZACIÓ</b>	<b>INTEGRACIÓ</b>	<b>POTENCIAL</b>	<b>PREU</b>	<b>PUNTUACIÓ FINAL</b>
<b>Importància - Pes (%)</b>	10%	25%	5%	10%	50 %	100%
<i>Tableau</i>	3,5	5	5	4	5 <sup>1</sup>	<b>4,75</b>
<i>QlikView</i>	5	4	4,5	4,5	2	<b>3,18</b>

*Taula 2. Taula comparativa dels dos sistemes de BI analitzats. (Valorats de 0 a 5).*

Observem que la taula anterior no es coincideix amb el comentat als paràgrafs previs, cal recordar que independentment de quin dels dos és el millor software, ens trobem dintre d'una empresa i les ponderacions es veuen clarament afectades segons els interessos d'aquesta. En aquest cas, el preu ha estat un dels elements claus que han marcat la presa de la decisió.

<sup>1</sup> Al disposar de referències de *Tableau*, aquest ha resultat no suposar cap inversió, i en conseqüència "gratuït".

#### **4.4.2. Tableau**

Observant la comparativa s'aprecia com els dos sistemes analitzats, indiferentment de les seves diferències, ens haurien de permetre assolir els nostres objectius, d'aquesta forma, es interessant justificar els motius que propiciaren la decisió final d'utilitzar *Tableau*.

Dintre de KOSTAL, sobretot a escala internacional, ja s'havien començat a utilitzar alguns sistemes de BI per intentar fer l'anàlisi d'algunes línies de producció, de forma que a l'hora de prendre la decisió es disposava de llicències de *Tableau* i del seu corresponent equipament<sup>1</sup>.

Si al fet de disposar de llicències, se li sumem les poques diferències presents entre *QlikView* i *Tableau* i el reduït cost d'implementació a futur de *Tableau*<sup>2</sup>, s'entén la decisió que va propiciar definir *Tableau* com el software de tercers clau per aquest projecte.

#### **4.5. Evolució del projecte**

Disposar d'un sistema de càlcul instantani d'OEE o qualsevol altre KPI no és senzill, hi ha moltes variables i factors que hi poden influir, però amb l'ús adequat de les eines anteriorment plantejades, almenys a nivell teòric, aquest pot arribar a ser una realitat.

L'objectiu no és altre que satisfer les necessitats de la direcció i els managers de KOSTAL. Actualment, es necessita de manera urgent un sistema que faciliti el càlcul d'OEE de les diverses línies de producció, i en especial, de les línies automàtiques de laserat. D'aquesta forma es pot analitzar el seu comportament.

---

<sup>1</sup> KOSTAL Tableau Server, servidor de *Tableau* que et permet publicar i compartir dashboards a nivell intern.

<sup>2</sup> Tableau disposa de llicències de visualització per menys de 15 \$/u. [Abril 2019]

#### 4.5.1. Propostes inicials

Per l'esbós del disseny inicial del sistema es va utilitzar una metodologia inversa on es van analitzar en primer lloc les funcionalitats de l'eina de representació gràfica *Tableau* i el seu potencial.

Exploitar grans quantitats de registres de forma eficient no es una tasca senzilla, per aquest motiu es va considerar la implementació d'un servidor SQL que fes de pont i enllaç entre la línia de producció i l'eina de representació gràfica.<sup>1</sup>

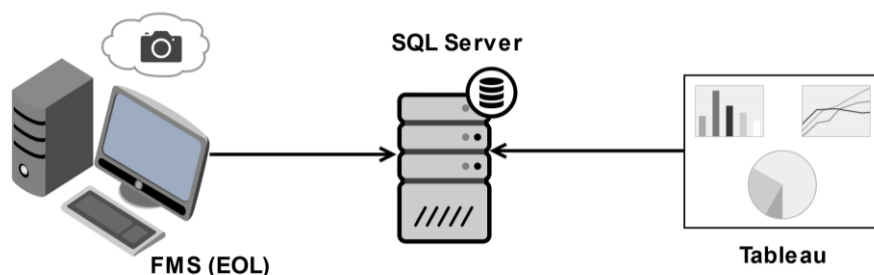


Diagrama 1. Esbós inicial del sistema a implementar. [Font: Joan Jaume Oliver]

Aquesta primera idea implicava modificar el codi de la solució de la FMS i afegir-li la possibilitat de guardar els registres en aquest servidor.<sup>2</sup> Paral·lelament, es requeriria de la creació d'un fitxer de *Tableau* que calculés i representés l'índex. El tipus de connexions plantejades en aquest esbós és el que, donada la falta de control sobre les consultes a realitzar es coneix com SQL pur.

#### 4.5.2. Matriu de riscos

Quan es realitza un projecte tan extens com és un projecte de final d'estudis de grau, cal tenir amb compte que les coses possiblement no surtin com un s'espera i calgui prendre decisions al respecte. Amb l'objectiu d'estar el més preparat possible, al principi d'aquest TFG i un cop es disposava d'una idea inicial, es va realitzar una petita matriu de riscos on s'avaluaven diversos conflictes que podien sorgir al llarg del temps i calia tenir en consideració. En aquest cas, al haver realitzat quatre mesos

<sup>1</sup> Per motius de seguretat, no es podia connectar *Tableau* directament a la línia.

<sup>2</sup> Quan es fa una modificació d'aquest estil, es necessari recordar que al tractar-se de l'etapa més inicial del projecte, s'havia de mantenir el sistema de guardat en \*.csv per si aquesta alternativa no tenia l'èxit esperat.

previs de pràctiques a l'empresa i departament, es va poder realitzar una matriu el més realista possible.

Una matriu de riscos no és altra cosa que una taula on s'especifiquen situacions varies no desitjades envers la seva probabilitat d'ocurrència i severitat. La matriu realitzada en aquest cas, disposa de tres categories de probabilitats i quatre de severitat. A continuació es troba disponible l'explicació amb el significat dels colors de severitat utilitzats en la matriu.

<b>SEVERITAT DELS RISCS</b>	<b>BAIX</b>	<b>MITJÀ</b>	<b>ALT</b>	<b>EXTREM</b>
	0	1	2	3
	ACCEPTABLE	TOLERABLE	INDESITJABLE	PERILLÓS
	NEGLIGIBLE, EL PROJECTE POT CONTINUAR SENSE MAJORS DIFICULTATS	ES NOTEN ELS EFECTES, ENCARA QUE EL PROJECTE CONTINUA	EL PROJECTE SOFREIX ALTERACIONS	EL PROJECTE POT ACABAR EN DESASTRE O INCLÚS, NO ACABAR

Taula 3. Classificació dels riscos [Matriu de riscos]

	<b>SEVERITAT</b>			
	ACCEPTABLE	TOLERABLE	INDESITJABLE	PERILLÓS
<b>PROBABILITAT</b>				
IMPROBABLE	- 1 - INTERFERÈNCIA PER PART D'ALEMANYA	- 4 - FALTA DE SUPORT	- 6 - FALTA DE LLICÈNCIES O RECURSOS	- 10 - PROBLEMES DE LA LÍNIA DE PRODUCCIÓ
POSSIBLE	- 2 - REQUERIMENTS PER PART D'ALTRES SECTORS DE L'EMPRESA	- 5 - CONFLICTES AMB ELS RESPONSABLES DE LÍNIA	- 8 - PROBLEMES AMB EL SOFTWARE DE CÀLCUL	- 11 - RESTRICCIONS PRÒPIES DE L'EMPRESA

PROBABLE	- 3 - IMPLEMENTAR EL PROJECTE A AMBDUES FMS	- 7 - REQUERIMENTS DE MILLORES CONSTANTS PER PART DE L'EMPRESA	- 9 - MILLORES INDIRECTES A LA LÍNIA DE PRODUCCIÓ	- 12 - PROBLEMES AMB LA DISPONIBILITAT DEL SERVIDOR SQL
----------	--	---	---	--

Taula 4. Matriu de riscos del TFG

A continuació es troben enumerades del 1 al 12, les solucions a la matriu de riscos plantejada.

1. Realitzar bon *Networking*<sup>1</sup> dintre de l'empresa, principalment amb els caps i managers.
2. Revisar els requeriments, assumir els més viables i rebutjar de forma cordial la resta.
3. Enfocar el projecte evitant limitacions específiques de màquina.<sup>2</sup>
4. Plantejar-ho tot amb el temps suficient que permeti poder investigar en cas de ser necessari.
5. Proporcionar-los des de un principi suport tècnic i establir relació de treball i interessos mutus.
6. Disposar de recursos i llicències personals, o en últim cas, d'estudiant.
7. Utilitzar la matriu de gestió del temps<sup>3</sup> i aprendre a definir un punt i final.
8. Investigar i disposar d'alternatives en segon pla.
9. Analitzar els requeriments i implementar aquells que suposin també una millora del TFG.
10. Disposar de bona relació amb els companys, per què t'ajudin en cas de necessitat.
11. Analitzar-les i realitzar únicament aquelles que siguin essencials per al projecte.
12. Disposar de contactes tant en el departament d'enginyeria com d'informàtica, que disposin de servidors obsolets que pugin ser suficients, almenys, a nivell de desenvolupament del projecte.

<sup>1</sup> *Networking* és un anglicisme que fa referència a la creació d'una bona xarxa de contactes que t'ajudin a generar oportunitats de negoci i laborals. (Mueller, 2017)

<sup>2</sup> Si tota la programació es realitza seguint el patró KOSPA, aquest risc s'aconseguiria evitar en la seva totalitat.

<sup>3</sup> Stephen Covey va generar una matriu de gestió del temps que analitza per urgència i importància les diverses tasques a realitzar.

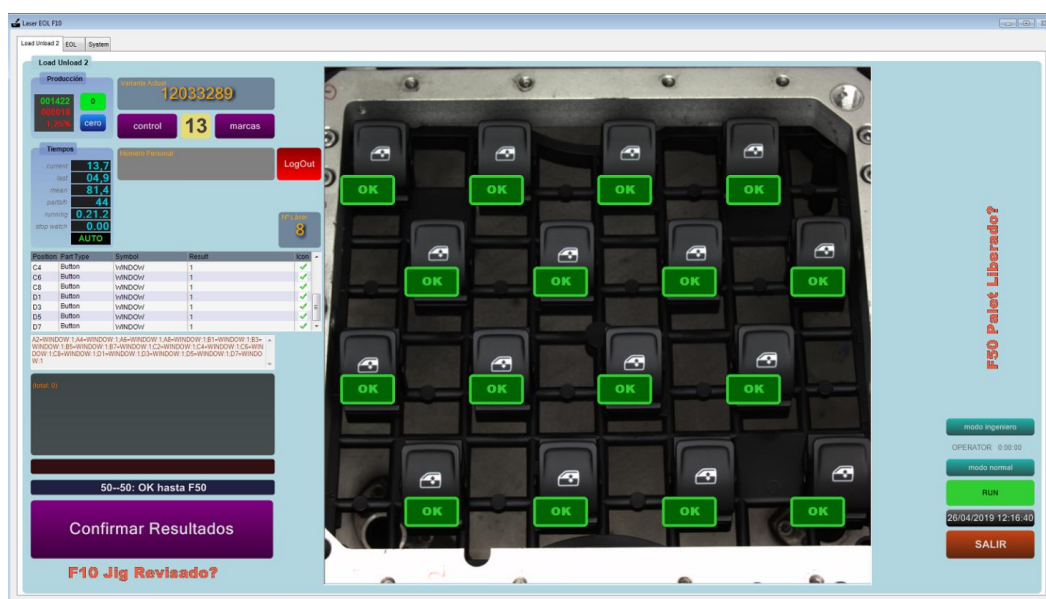
### 4.5.3. Restriccions indirectes (Constraints)

Com a qualsevol gran empresa, quan es comença un nou projecte sempre hi ha la necessitat d'integrar, o almenys intentar-ho, tots els sistemes.

La creació d'un nou servidor SQL dintre de KOSPA, no era un alternativa donada tota la feina en segon pla que aquest suposa, i no era viable en la seva totalitat. Un nou servidor com el que es necessitava per aquest projecte requeria d'un nou ordinador connectat vint-i-quatre hores a la xarxa interna que a més havia de disposar del servidor MySQL dintre seu, una nova llicència del sistema operatiu i una nova llicència dels sistemes de Backup propis de KOSPA.

Per aquests motius es va voler utilitzar un altre servidor tipus Microsoft SQL en el qual totes les noves línies de producció estandarditzades de KOSTAL començaven a bolcar els registres.<sup>1</sup>

La estandardització de la feina, es possiblement una de les passes més importants que en algun moment s'haurà de dur a terme. Dintre de KOSTAL, aquesta va venir en forma de *Testman*.



Il·lustració 18. HMI pròpia de les FMS. [Font: KOSTAL]

<sup>1</sup> Al utilitzar l'estàndard de KOSTAL, el sistema es podria extrapolar ràpidament a altres línies productives.

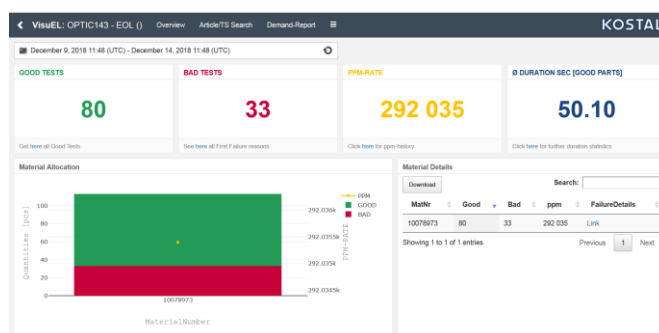
## TestMan i VisuEL

*Testman* és el programa mare de KOSTAL a partir del qual s'han de basar totes les noves línies de producció que amb el temps s'aniran creant. Aquest sistema es comú en totes les seus de KOSTAL i disposa d'un equip de persones que treballa constantment per al seu manteniment.

En el cas de les FMS, aquestes foren un projecte iniciat ara farà any i mig on encara no es disposava de l'entorn *Testman*, de forma que es va dissenyar amb el que es consideraria solució pròpia. És per aquest motiu, que quan es va voler utilitzar el servidor MS Server estandarditzat, la connexió no va poder ser directe i va ser necessària la conversió entre el model *custom* o propi i l'estandarditzat.

El sistema *Testman* es basa en un bolcat dels registres en una localització coneguda on un altre aplicació independent accedeix i guarda a la base de dades per a que posteriorment el sistema *VisuEL*<sup>1</sup> ho representi. D'aquesta manera s'aconsegueix una independència entre línies de producció i servidors d'emmagatzematge.

La modificació de la solució per a l'adaptació al sistema *Testman*, no va ser fàcil, era la primera vegada que un membre dels departament d'automatismes de qualsevol seu, intentava convertir un sistema propi, de forma que no es disposava de suficient documentació al respecte. Encara que s'hagués pogut adaptar el sistema de manera molt ràpida, no es va fer així, i es va assegurar que els registres quedessin ben estructurats i es poguessin visualitzar mitjançant *VisuEL*.



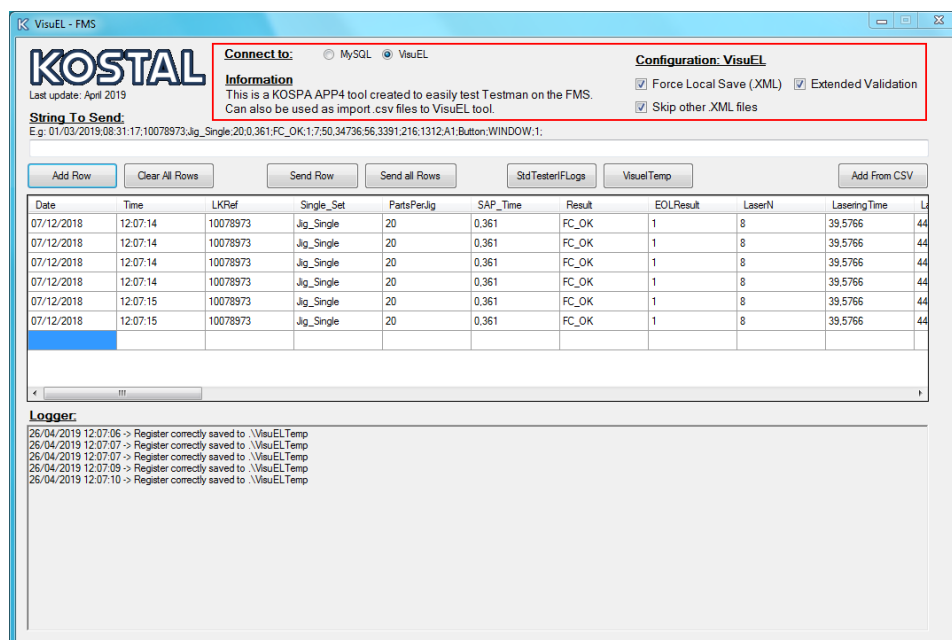
Il·lustració 19. Exemple d'ús de VisuEL [Font: KOSTAL]

<sup>1</sup> *VisuEL*, (*Visualization of End of Line*) Encara que *VisuEL* disposa de grans facilitats en l'anàlisi d'estats de màquines, es troba molt limitat a l'hora de disposar de resultats propis de computació matemàtica, com són els IPKs.



## VisuEL for Non-TestMan

Per a la conversió de solució pròpia a Testman, es va realitzar una aplicació que permet enviar els fitxers de registres al servidor de VisuEL, sense cap grau de dificultat.



Il·lustració 20. Aplicació que permet enviar arxius .csv a VisuEL [Font: Joan Jaume Oliver]

Conceptualment, utilitzar el servidor de VisuEL era la millor idea. Ja es disposava d'un servidor i el projecte requeria de l'adaptació cap al sistema desitjat, però com tota idea brillant, van sorgir algunes dificultats i contratemps. A dia d'avui, el servidor de Microsoft SQL no està preparat per ser tractat per aplicacions externes i no és pot utilitzar per aquest projecte.

### Limitacions computacionals

El servidor que gestiona la seu Alemanya de KOSTAL està únicament enfocat a ser utilitzat mitjançant VisuEL, motius pels quals utilitzar-lo per el càlcul de l'OEE no és una bona idea.

Aquest servidor guarda tots els registres de totes les màquines de producció connectades en una mateixa taula, de forma que, si per exemple, a finals d'any direcció volgués analitzar en detall l'evolució

de tot l'OEE anual d'una peça, s'hauria de realitzar una consulta relativament costosa a nivell computacional on s'inclourien totes les màquines i peces.<sup>1</sup>

Destacar que afegit al conflicte relacionat amb VisuEL i el seu servidor, les representacions gràfiques que aquest realitza venen prefixades des de Alemanya, motiu pel qual tampoc no ens serviria a l'hora de representar l'OEE.

#### 4.5.4. *Problemàtica indirecta*

Addicionalment a tots els conflictes sorgits al voltant de l'emmagatzematge de les dades, va sorgir el relatiu al seu càlcul. Com prèviament s'ha explicat, la matemàtica al darrere de l'OEE no és senzilla, de forma que a més del cúmul de problemes del moment, es va descobrir que aquesta no es podria calcular mitjançant *Tableau*.

Encara que aquest si que és capaç de realitzar alguns càlculs, aquests es coneixen com a *Calculation Field* i destaquen per no emmagatzemar el seu valor i no permetre la realització de nous càlculs a partir d'ells mateixos. A diferència d'aplicacions com Excel les quals si que emmagatzemen el valor computat, *Tableau* ho fa de forma virtual, de manera que el computa cada cop que el necessita utilitzar.

#### 4.5.5. *Happy Idea - R*

El primer problema a resoldre era el relacionat amb el càlcul, com s'ha detallat, l'Excel no era una eina viable per aquest projecte, de forma que s'havia de trobar sense excepció una alternativa. Aquesta, va ser el llenguatge de programació R.<sup>2</sup>

R és un reconegut llenguatge de programació estadístic que està agafant molta força en el món de la intel·ligència artificial i especialment en l'àmbit del Machine Learning. L'R és caracteritzat per treballar utilitzant la màxima eficiència dels processadors al funcionar mitjançant blocs i vectors.

---

<sup>1</sup> Aquest servidor arriba a emmagatzemar més de mig milió de registres al dia.

<sup>2</sup> Aquesta solució va ser el resultat de diverses formacions externes cursades com a motivació d'aquest projecte. (Més informació a: Harvard – Data Science)

Suposem que disposem del següent:

```
df<-data.frame(A=c(1,2,3,4,5,6,7,8,9),B=c(9,8,7,6,5,4,3,2,1))
df %>% knitr::kable()
```

	A	B
1	9	9
2	8	8
3	7	7
4	6	6
5	5	5
6	4	4
7	3	3
8	2	2
9	1	1

R no realitzarà una computació per cada fila de la taula, simplement ho realitzarà de forma vectorial.

```
df$A - df$B
[1] -8 -6 -4 -2  0  2  4  6  8
```

Treballar d'aquesta forma li permet realitzar grans computacions en intervals de temps molt reduïts, motiu pel qual es va decidir definir R com a llenguatge de càlcul d'índexs com seria el cas del OEE .

```
> proc.time()
   user  system elapsed 
  1.48    0.17    1.70
```

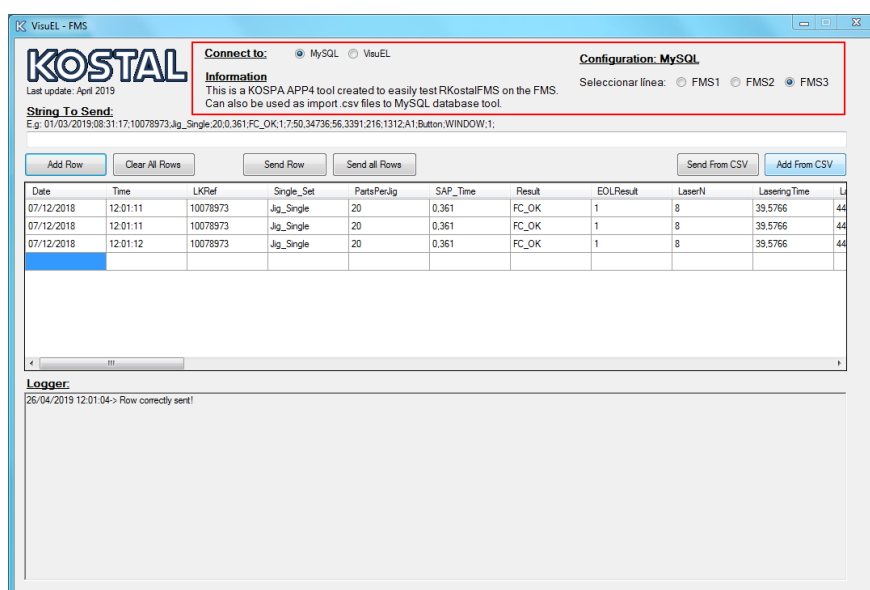
Exemple d'ús: 0.17 segons per calcular l'OEE de tres dies.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Recordem que mitjançant Excel es necessitava una mitjana de 7 minuts per dia.

#### 4.5.6. SQL Server

Al haver resolt gràcies al R el problema del càlcul d'OEE, calia resoldre el relatiu al emmagatzematge de les dades en un servidor. Davant la impossibilitat d'utilitzar el servidors ja disponibles, es va procedir en contra de tot pronòstic, en la creació d'un de nou servidor destinat exclusivament al projecte d'OEE.

Per utilitzar un servidor SQL com el que es requeria, va ser necessari realitzar grans quantitats de proves en un entorn de test prèviament delimitat, motiu pel qual es va aprofitar per modificar l'aplicació que enviava fitxers .csv a VisuEL i permetre que ho fes també a un servidor de MySQL.



Il·lustració 21. Aplicació que permet enviar arxius .csv a MySQL [Font: Joan Jaume Oliver]

Al disposar d'un servidor exclusiu pel projecte, es podria assignar diverses taules del servidor a diverses funcions diferents, de forma que algunes quedarien destinades al emmagatzematge de registres purs i d'altres a valors d'OEE calculats, o inclús, correlacions vàries.

## 5. Planificació del projecte

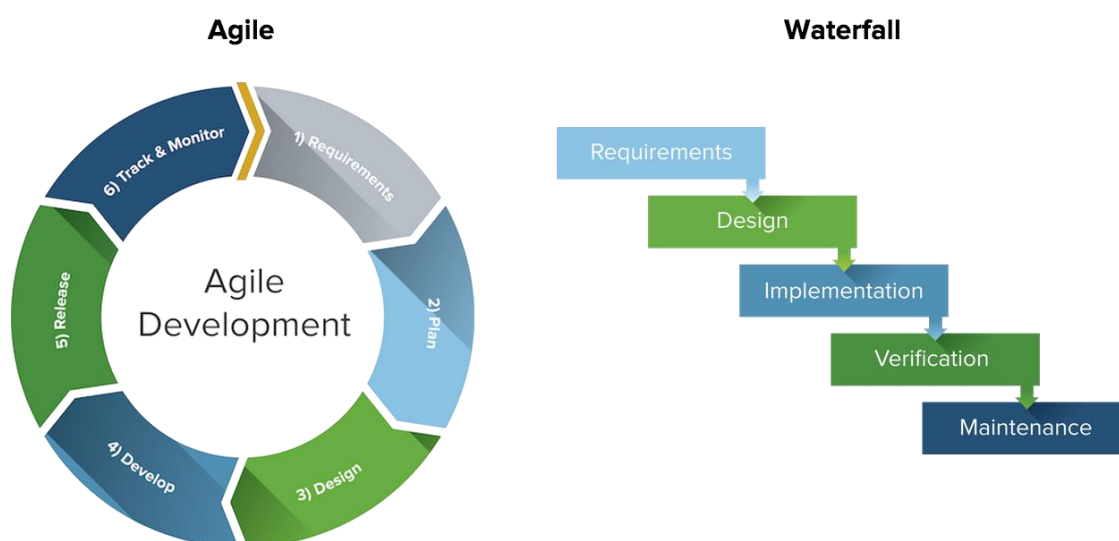
En el disseny d'un projecte tan gran com és un treball de fi d'estudis, és necessari definir com s'afrontarà. En moltes situacions, si un projecte no es planifica a consciència, aquest pot arribar a desbordar-se i convertir-se en una bola de neu que et persegueix a la vegada que es va fent més gran.

Davant aquests fets totalment indesitjats, es va definir des del principi del projecte la metodologia necessària per realitzar-ho sense arribar a una situació de perdre el seny. Els dos elements claus de planificació de projectes utilitzats foren la metodologia de gestió de projectes complementada amb un digrama de Gantt, que ha servit per definir subetapes i marcar l'evolució del treball.

### 5.1. Metodologia de gestió de projectes

Gestionar un projecte no és tasca fàcil, de forma que es van investigar les metodologies de gestió de projectes actuals més importants, *Waterfall* i *Agile*.

La primera metodologia, *Waterfall*, com el seu nom en anglès indica, fa referència al flux unidireccional d'aigua que segueix una cascada. Aquesta metodologia defineix, previ a l'inici del projecte, totes les etapes que el conformaran i els temps que s'haurà de dedicar a cada una d'elles. Es coneix comunament, com el mètode fix, invariable i tradicional. La metodologia *Agile* en canvi, és una metodologia més actual que s'omple de la no seqüencialitat típica de projectes dependents de clients i s'enfoca a la constant iteració motivada per la presència d'elements externs en la majoria d'etapes de projecte.



Il·lustració 22. Metodologies de gestió de projectes. [Font: officialconsumerreport.com]

Comunament, amb la metodologia Waterfall, es defineix a l'inici del projecte el seu abast i requeriments, els quals no es veuen modificats en cap moment, en canvi, amb Agile, es convida al client a interferir constantment per assegurar que el projecte serà del seu gust.

Aquesta diferència, provoca que la *Waterfall* pugi definir amb certesa, dates de lliurament, les quals *Agile* sols podrà en les millors condicions i situacions, aproximar.

En aquest projecte, al disposar d'una data de lliurament fixada, però realitzant-lo en una empresa considerablement gran amb múltiples factors influents, s'ha decidit utilitzar una metodologia de gestió de projectes híbrida. Intentat agafar el millor d'ambdós sistemes per adaptar-ho a les condicions actuals.

La idea a seguir consisteix en definir diverses fases com es faria amb el sistema *Waterfall*, però deixant-los sempre oberts a noves millores, idees i implementacions proposades pels companys de feina i el tutor d'empresa. D'aquesta forma, s'utilitzarà una metodologia de planificació que permetrà finalitzar el projecte amb la data fixada en calendari, alhora que aquest es veu complementat amb tot tipus d'elements enriquidors.

## 5.2. Gantt del projecte

Per a la correcta estructuració del projecte, al seu inici, de forma complementària a la metodologia de projecte i la matriu de riscos, es va dissenyar un petit diagrama de Gantt on es van marcar les dates límits necessàries per acabar amb temps suficient. Tot i que un diagrama de Gantt sol incloure totes les tasques del projecte, al haver decidit utilitzar una metodologia de planificació híbrida, aquest sols contempla les dates límit més generals.

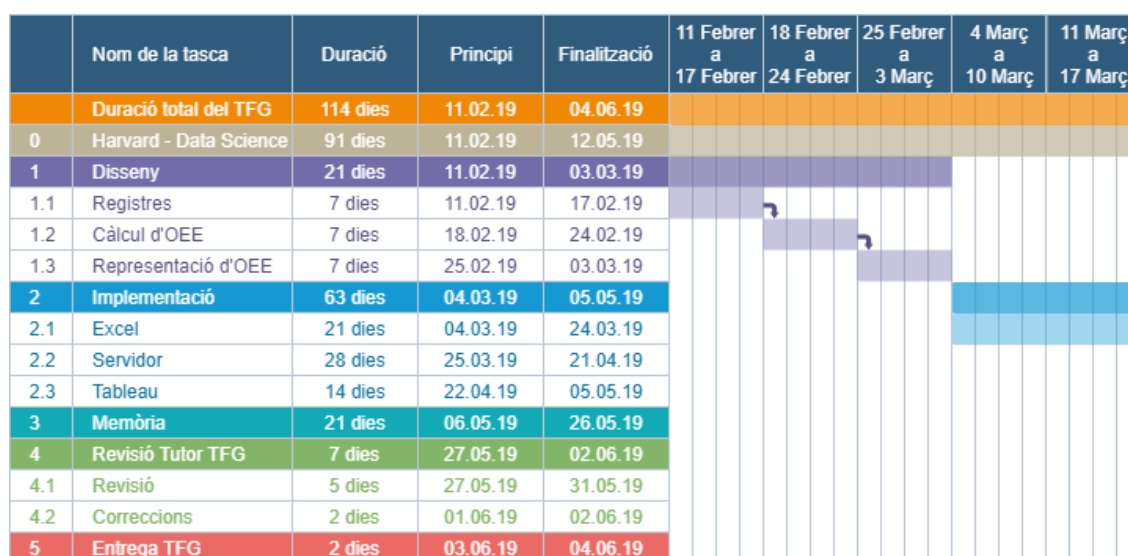


Diagrama 2. Gantt del projecte 1/2 [Font: Disseny pròpi]



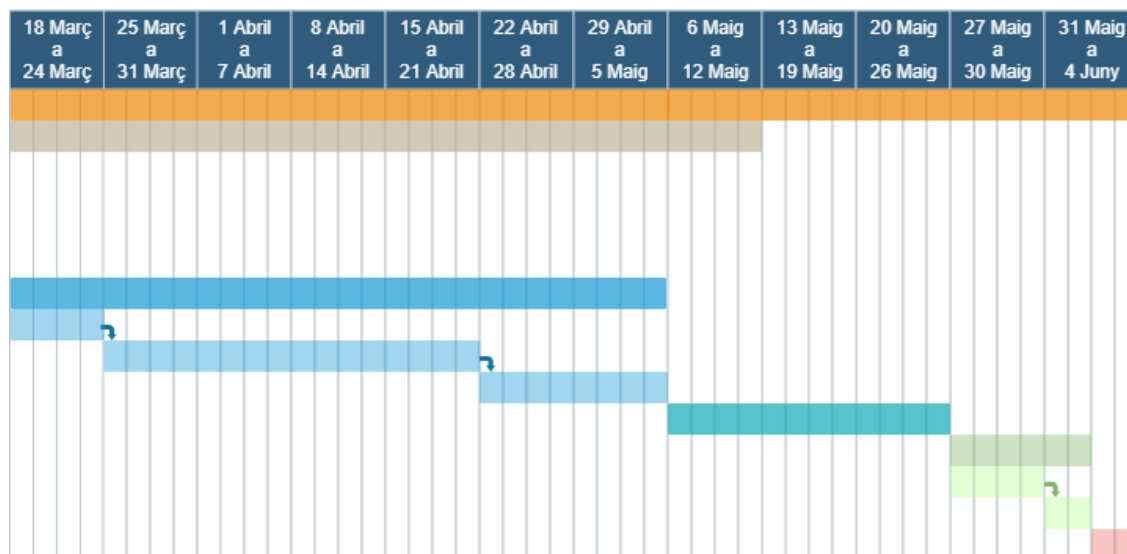


Diagrama 3. Gantt del projecte 2/2 [Font: Disseny pròpi]





## 6. Projecte definitiu

El disseny definitiu evoca a tot el que anteriorment s'ha tractat i comentat, la necessitat d'un sistema capaç de calcular i representar l'OEE d'un període de temps específic de manera ràpida, autònoma i eficient.

Per complir amb l'objectiu definit, el sistema requereix d'independència total de la línia i sincronització tipus asíncrona que alhora permet la representació immediata de l'índex desitjat amb el software *Tableau*.

### 6.1. Desenvolupament teòric

El sistema definitiu implementat consisteix en un conjunt d'aplicacions que mitjançant interacció entre elles van calculant i emmagatzemant l'OEE de forma que quan posteriorment l'usuari vol visualitzar-ho, tota la informació ja ha estat prèviament tractada i sols cal accedir-la.

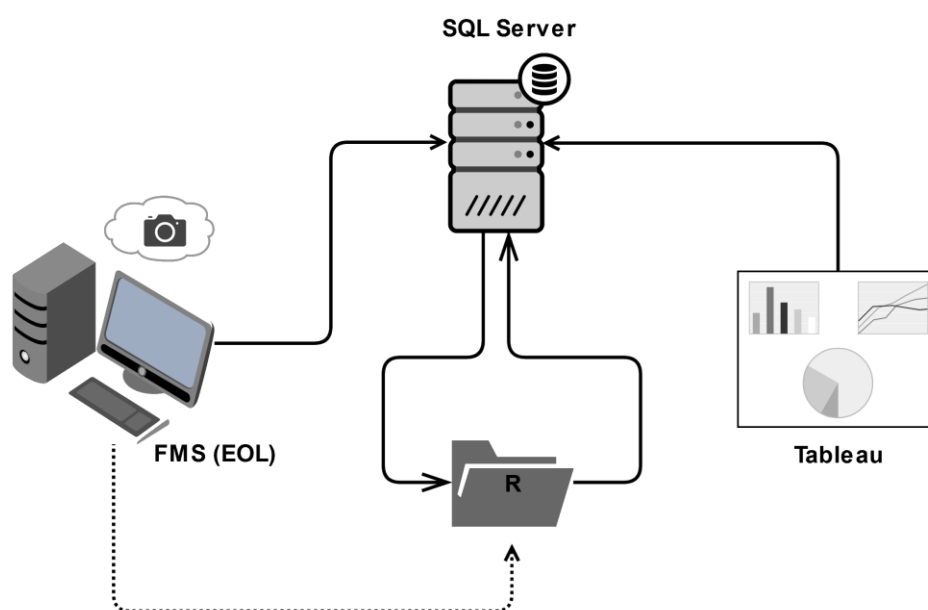


Diagrama 4. Desenvolupament teòric del projecte [Font: Joan Jaume Oliver]

Els elements clau que ho defineixen són: la mateixa línia de producció que es dedica a emmagatzemar tots els registres en un servidor SQL, un fitxer R que computa l'OEE i posteriorment el torna a emmagatzemar en la mateixa base de dades però diferent taula, els resultats del càlcul, una aplicació pròpia que executa periòdicament el fitxer R anteriorment esmenat i *Tableau*, software que accedeix als valors ja calculats i els representa seguint el sistema global estandarditzat propi de KOSTAL.

## 6.2. Justificació del projecte

Aconseguir que una empresa autoritzi el desenvolupament d'un projecte no és tasca fàcil, en aquest cas, paral·lelament a la justificació del projecte envers al departament d'enginyeria, al requerir de recursos propis del departament d'IT<sup>1</sup>, i del seu valuós temps, va ser necessari justificar-los el sistema de tot el projecte.

A continuació és troba disponible l'esquema de seguretat que és va proposar al departament d'informàtica de KOSPA.

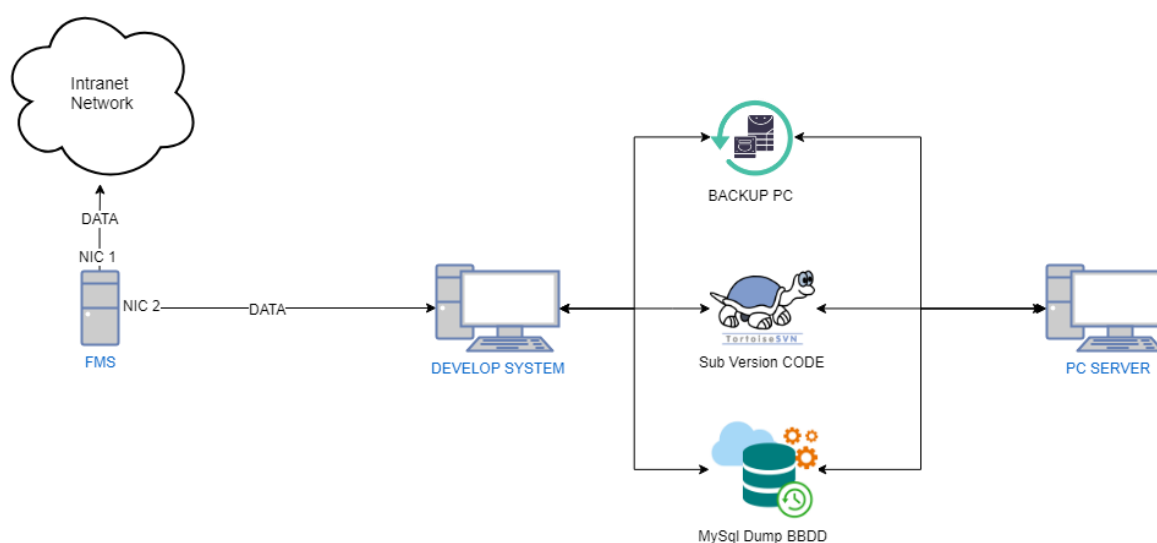


Diagrama 5. Sistema de seguretat del projecte proposat al departament d'IT. [Font: Joan Jaume Oliver]

Es van proposar tres sistemes de backup diferents, tots ells enfocats a objectius totalment distanciat que permetrien, en cas de necessitat, restaurar el sistema en la seva totalitat de forma quasi instantània.

- Backup de l'ordinador de desenvolupament.
- Backup del codi i programes a desenvolupar.
- Backup del servidor SQL a utilitzar.

<sup>1</sup> Es requereix d'un servidor/host i el seu conseqüent temps destinat a instal·lació i petites tasques de manteniment.

Com a resposta, informàtica va respondre amb un sistema que a diferència del proposat es basés en la xarxa interna de KOSTAL i aconseguís major seguretat i fiabilitat. Al utilitzar els recursos de la companyia, es va ajustar la seguretat al model KOSTAL utilitzat en qualsevol seu.

Adicionalment, és interessant comentar que aquest model és el que en cas de ser necessari, s'implementaria a qualsevol altre indústria.

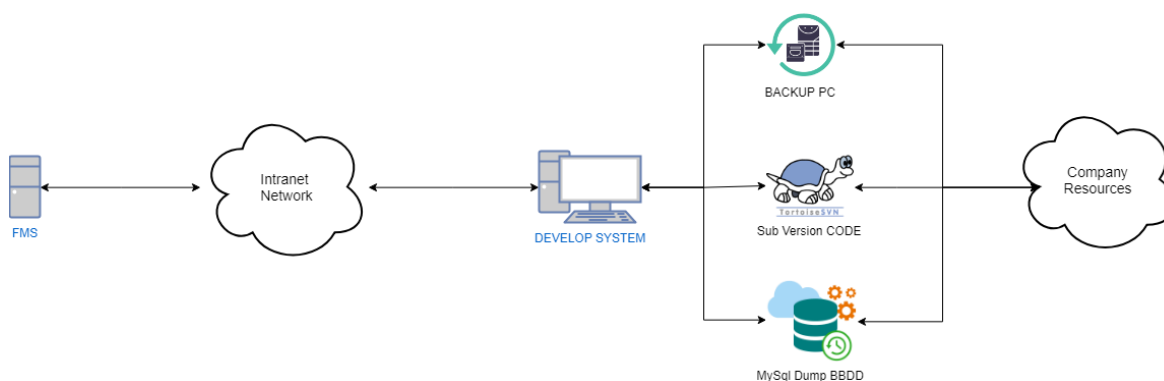


Diagrama 6. Sistema de seguretat resposta i proposta del departament d'IT. [Font: KOSTAL IT]

Al sistema proposat s'intercala la xarxa interna de l'empresa, de forma que tot es troba sota vigilància i seguretat durant les 24h del dia i els 365 dies l'any.

## 6.3. Implementació

La implementació duta a terme per aquest projecte es classifica en els tres processos que és detallen a continuació:

### 6.3.1. Programació en R

Per a la programació en R del càlcul s'ha utilitzat una llibreria pública que ha permès una programació senzilla i intuïtiva.

La llibreria utilitzada, la *Tidyverse*, és possiblement una de les llibreries en R més famoses a dia d'avui. Aquesta és una col·lecció d'altres llibreries enfocada principalment al Machine Learning i al tractament de big data.

```
Quality <- summarise(group_by(data, Date, LKRef, `Hora de produccion`), `OK sin
EOL` = sum(`OK without EOL`), `OK con EOL` = sum(`OK with EOL`), `NOK` = sum(`NOK`),
`EOL_NO_HAY_PIEZA` = sum(`EOLResult` == 'FC_VIS_FIRST_PART_RECOGNITION'),
`EOL_NO_HAY_SIMBOLO` = sum(`EOLResult` == 'FC_VIS_FINE_PART'),
`EOL_LASER_DESPLAZADO` = sum(`EOLResult` == 3),
`EOL_LASER_GRUESO` = sum(`EOLResult` == 2),
`FC_INY_RECHUPE` = sum(`Result` == 'FC_INY_RECHUPE'),
`FC_INY_MARCA_GOLPE_RALLA` = sum(`Result` == 'FC_INY_MARCA_GOLPE_RALLA'),
`FC_LASER_DESPLAZADO` = sum(`Result` == 'FC_LASER_DESPLAZADO'),
`FC_LASER_INCOMPLETO` = sum(`Result` == 'FC_LASER_NOK' | `Result` == 'FC_LASER_INCOMPLETO' ),
`FC_LASER_QUEMADO` = sum(`Result` == 'FC_LASER_QUEMADO'),
`FC_LASER_PINTURA` = sum(`Result` == 'FC_LASER_RESTOS' | `Result` == 'FC_LASER_PINTURA'),
`FC_PINT_EXCESO` = sum(`Result` == 'FC_PINT_EXCESO'),
`FC_PINT_FALTA` = sum(`Result` == 'FC_PINT_FALTA'),
`FC_PINT_GRUMO` = sum(`Result` == 'FC_PINT_GRUMO'),
`FC_PINT_PIEL_DE_NARANJA` = sum(`Result` == 'FC_PINT_PIEL_DE_NARANJA'),
`FC_PINT_ZONA_NO_PERMITIDA` = sum(`Result` == 'FC_PINT_ZONA_NO_PERMITIDA'),
`FC_PROVEEDOR_NOK` = sum(`Result` == 'FC_TAMPO_NOK' | `Result` == 'FC_PROVEEDOR_NOK'))
```

*Il·lustració 23. Exemple de programació en R [Font: Joan Jaume Oliver]*

Encara que aquí no s'estiguin realitzant tasques de Machine Learning, s'està tractant amb dades de tipus *Big Data*, de forma que es requereixen de funcions amb la capacitat suficient de realitzar grans quantitats de càlculs a grans velocitats.

### Automatització del fitxer R

Durant les primeres etapes de la implementació del R, aquest s'utilitzava de forma manual i amb un sistema de lectura a partir de fitxers .csv. Mentre que per a la versió definitiva del projecte, aquest s'ha modificat permetent la seva automatització. A dia d'avui, mitjançant un fitxer de configuració al qual accedeix, es capaç d'identificar on es troba el servidor SQL on ha de guardar les dades, quines credencials utilitzar i fins i tot, el mode de lectura i/o guardat.

Aquest disposa d'un mode de lectura i guardat físics<sup>1</sup> que permeten durant les etapes de test simular pas a pas totes les execucions automàtiques que realitza, i detectar ineficiències o absències del sistema.

```
if(ReadMode == 0 | SaveMode == 0){
  tryCatch({
    if(!require(RMariaDB)) install.packages("RMariaDB", repos = "http://cran.us.r-
project.org")
    con <- dbConnect(RMariaDB::MariaDB(),
      dbname = gsub("\\", "", str_split(IniFile[pmatch("DBName",
        IniFile)], "=")[[1]][2]),
      host = gsub("\\", "", str_split(IniFile[pmatch("DBHost",
        IniFile)], "=")[[1]][2]),
      port = as.numeric(str_extract(str_split(IniFile[pmatch("DBPort",
        IniFile)], "=")[[1]][2], "[[:digit:]]+")),
      user = gsub("\\", "", str_split(IniFile[pmatch("DBUser",
        IniFile)], "=")[[1]][2]),
      password = gsub("\\", "", str_split(IniFile[pmatch("DBPwd",
        IniFile)], "=")[[1]][2]))
  }, error = function(e){
    write_lines(paste(Sys.time(), ": ", gsub("\n", "",
e), sep=""), paste(LogPath, "/", Sys.info()[ "nodename"], "_LOG", ".txt", sep=""), append=TRUE)
    quit(save="no", status=-1, runLast=FALSE)
  },
  warning = function(w){
    write_lines(paste(Sys.time(), ": ", gsub("\n", "",
w), sep=""), paste(LogPath, "/", Sys.info()[ "nodename"], "_LOG", ".txt", sep=""), append=TRUE)
  })
}
```

*Il·lustració 24. Exemple de connexió al servidor SQL amb sistema de Try/Catch [Font: Joan Jaume Oliver]*

El codi de l'R s'ha dissenyat de forma que llegeixi el mateix arxiu de configuració que tot el conjunt global, utilitzant així, un únic arxiu de configuració per tot el sistema. La programació en R realitzada en aquest arxiu, ha estat de tipus seqüencial i s'ha estructurat de la següent forma:

1. És configuren les connexions, l'estat anterior, els índexs i les correlacions a calcular.
2. És realitzen les connexions SQL necessàries i les corresponents lectures de dades.
3. És calculen els índexs i correlacions d'interès.<sup>2</sup>
4. És guarden tots els resultats de càlcul de la secció anterior.

Tot i que en aquest document es troba l'explicació detallada del sistema i del propi arxiu en R, el codi d'aquest, per motius de confidencialitat, no es troba adjunt.

<sup>1</sup> En format .csv

<sup>2</sup> Tot i que la idea inicial del projecte sols incloïa la representació d'índexs, al comprovar l'eficàcia de càlcul, l'empresa va voler fer una passa més i va posar a prova la flexibilitat del sistema dissenyat per l'estudiant requerint-li de nous anàlisis de les línies productives. *(Més informació detallada de tots els anàlisis en l'apartat de representacions en Tableau).*

## SQL Backup System

Tot sistema té els seus punts crítics i en el cas d'aquest projecte, la pèrdua de dades motivada per un tall de la xarxa era un dels més preocupants. Si per algun motiu es perdessin dades, el càlcul del OEE no seria realista i per tant no seria fiable.<sup>1</sup>

Per suplir aquest problema, quan es va re-programar la solució de la línia de producció, es va realitzar un petit sistema de seguretat. Actualment, tot registre que no s'ha enviat de manera satisfactòria al servidor SQL és enviat a una localització de Backup que R coneix i comprova en cada execució, evitant d'aquesta forma pèrdua d'informació.

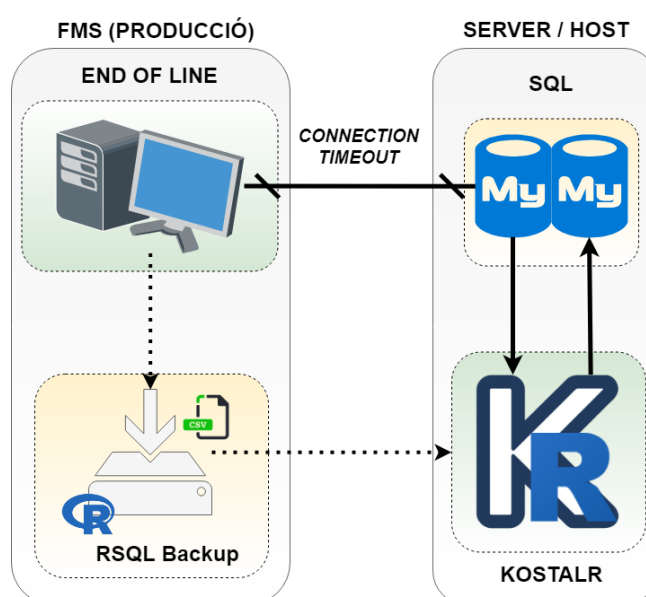


Diagrama 7. Sistema de Backup [Font: Joan Jaume Oliver]

Cada cop que un Jig ha estat correctament validat, el sistema intenta emmagatzemar la informació pertinent al servidor SQL del projecte, però si per algun motiu aquesta connexió fallés i en

<sup>1</sup> El sistema permet un anàlisi en temps real, de forma que la veracitat dels resultats no es pot veure afectada.

conseqüència es produís un *Timeout*<sup>1</sup>, amb l'objectiu de no parar producció, aquest ho emmagatzema de forma temporal en una localització local.<sup>2</sup>

### **Sistema de temporalitat**

El sistema de temporalitat, suposa dues grans millores, una primera relativa a la coneixença de l'última execució, que li permet continuar la seqüència sense perdre el fil. I paral·lelament, en cas d'error o *shutdown*<sup>3</sup> inesperat, restablir el sistema de forma immediata sense cap tipus de pèrdua.

Relacionat amb l'instant l'execució, R consulta aquests paràmetres temporals i ho computa tot en relació a ells, de forma que s'aconsegueix calcular l'índex relatiu al mateix dia.

```
#DO NOT MODIFY IT, R DOES IT FOR YOU
[FMS3_TemporaryDBInformation]
FMS3_TemporaryDate="2019-05-08"
FMS3_TemporaryTime="11:55:29"

[FMS2_TemporaryDBInformation]
FMS2_TemporaryDate="2019-05-08"
FMS2_TemporaryTime="11:55:03"

[FMS1_TemporaryDBInformation]
FMS1_TemporaryDate="2018-03-25"
FMS1_TemporaryTime="23:56:15"
```

*Il·lustració 25. Paràmetres de temporalitat del fitxer R. [Font: Joan Jaume Oliver]*

Un cop l'R ha realitzat tota la matemàtica necessària, aquesta sobreescriu els arxius temporals evitant execucions de codi i càlculs completament innecessaris.

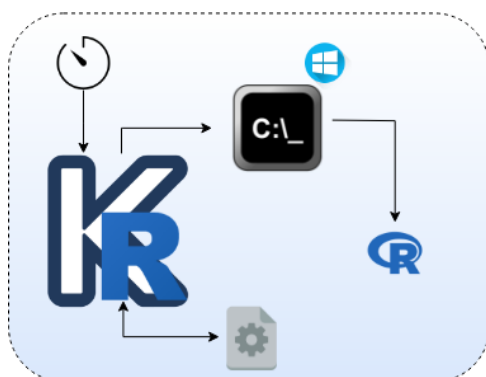
---

<sup>1</sup> *Timeout* es el concepte que fa referència al fet que una connexió de tipus SQL no s'ha pogut portar a terme.

<sup>2</sup> La indústria no pot parar mai, i són per tant, els sistemes els que s'han d'adaptar a indústria, i no la indústria als sistemes.

<sup>3</sup> Es considera *shutdown* tots aquells processos inesperats que impedeixen la normal funcionalitat del sistema. (Problemes de xarxa, alimentació o averies típiques de màquina).

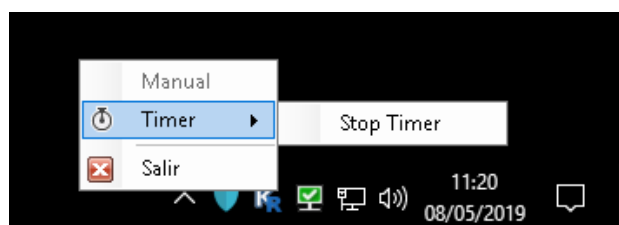
### 6.3.2. *KostalR for FMS*



Il·lustració 26. Estructura Interna de KostalR for FMS [Font: Joan Jaume Oliver]

*KostalR for FMS* és una aplicació de creació pròpia de tipus icona<sup>1</sup> que executa de forma periòdica l'arxiu .R encarregat del càlcul prèviament detallat. Aquesta aplicació disposa d'un petit arxiu de configuració compartit amb l'arxiu .R que permet realitzar un *Debug* en calent sense necessitat de parar la producció.

Aquesta, es troba controlada per un timer que es configura amb l'inici de l'aplicació, tot i la redundància, mitjançant l'arxiu de configuració. Aquest, s'executa periòdicament mitjançant la consola pròpia de Windows, l'R i el seu corresponent arxiu.



Il·lustració 27. HMI del KostalR for FMS [Font: Joan Jaume Oliver]

La interface pròpia del *KostalR for FMS*, consisteix en un únic menú mitjançant el qual es pot tancar l'aplicació, aturar el temporitzador o forçar una execució manual. L'execució manual sols funciona si el temporitzador es troba pausat, d'aquesta forma s'eviten múltiples execucions paral·leles.

<sup>1</sup> Una aplicació de tipus icona o *notify icon app* en anglès, no disposa de més HMI a excepció del típic icona de minimització de qualsevol programa propi del S.O Windows.



Al realitzar l'execució mitjançant la Shell de Windows<sup>1</sup>, aquesta ha estat programada en segon pla i de forma silenciosa, d'aquesta forma s'aconsegueix una pantalla molt més neta i còmode per a l'usuari. Si per algun motiu es volgués veure el procés que aquest segueix, és tan simple com activar la variable booleana *Debug* present a l'arxiu .ini de configuració.

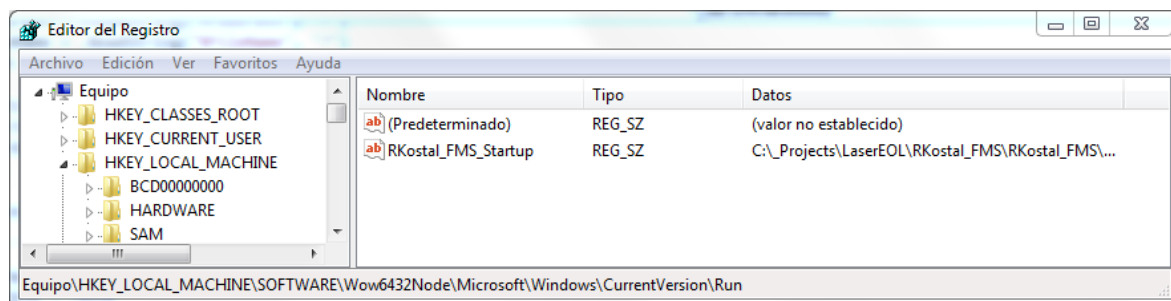
```
*KostalR_FMS

[Main]
RFilePath="C:\_Projects\LaserEOL\KostalR_FMS\KostalR_FMS\RFilePath"
RFileName="OEE_FMS.R"
RPath="C:\Program Files\R\R-3.5.3\bin\R.exe"
RLog="C:\_Projects\LaserEOL\KostalR_FMS\KostalR_FMS\Log"
#Default R Installation Path: C:\Program Files\R\R-3.5.3\bin\R.exe
Debug=FALSE
#DO NOT MODIFY IT, KOSTALR DOES IT FOR YOU
Hostname="FMS3" #Modificat per motius de seguretat

[Timer]
#Timer interval is in seconds
TimerInterval=60
TimerDefaultStart=TRUE
```

*Il·lustració 28. Arxiu de configuració propi del KostalR for FMS [Font: Joan Jaume Oliver]*

Adicionalment, aquesta aplicació modifica els registres de Windows de forma que si per algun motiu el host tingués algun problema i es reiniciés, l'aplicació tornaria a iniciar-se pel seu compte i s'evitarien aturades innecessàries del sistema de càlcul. Cada cop que aquesta s'inicia, comprova la presència d'un valor específic al registre de Windows, i en cas de no trobar-lo, generar-lo de forma instantània.



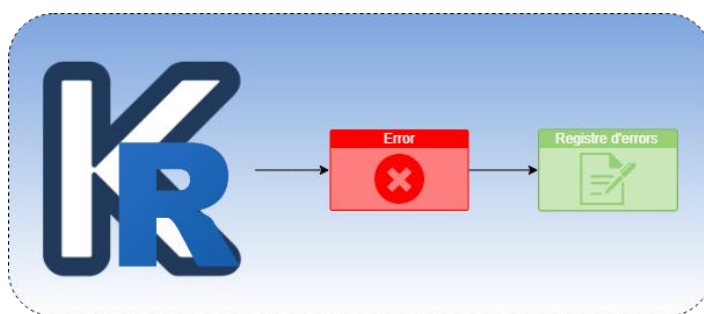
*Il·lustració 29. Windows Registry Editor [Font: Joan Jaume Oliver]*

<sup>1</sup> Shell o consola d'instruccions de Windows.

El sistema disposa també d'un sistema de logger que conjuntament amb el mode debug permet analitzar i corregir tot tipus d'errors. Si per algun motiu es produís un problema de càlcul o connexió, el sistema generaria un registre d'error que permetria comprendre el que ha passat.

```
2019-05-15 09:26:27: Error in connection_is_transacting(conn@ptr): Invalid connection
2019-05-15 09:26:27: simpleWarning in connection_release(conn@ptr): Already disconnected
```

*Il·lustració 30. Exemple del Logger del sistema. [Font: Joan Jaume Oliver]*



*Diagrama 8. Sistema de detecció d'errors. [Font: Joan Jaume Oliver]*

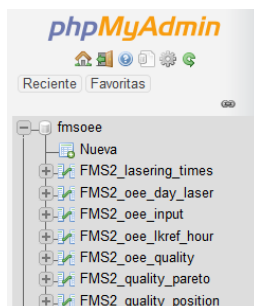
### 6.3.3. SQL Server

L'SQL s'organitza en una base de dades genèrica pròpia de les tres línies de producció que després es classifica en diverses subtaules en relació a les funcionalitats de representació necessàries.

Per facilitar les lectures de dades, es generen múltiples estructures que permeten observar tot tipus de correlacions diferents.

A nivell més tècnic, el servidor utilitzat en la versió definitiva és un SQL tipus *MariaDB* el qual pot ser consultat mitjançant un *phpMyAdmin*.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> La informació tècnica detallada del host del servidor es troba disponible a la columna *Prod Suit* de l'Annex A - Especificacions tècniques.



Il·lustració 31. Organització del conjunt de taules del servidor. [Font: Joan Jaume Oliver]

L'accés al servidor es gestiona mitjançant la necessitat de privilegis i tipus de Querys o consultes a executar.

Tota la decisió relativa a les especificacions tècniques del host o del SQL mateix, han estat preses amb l'ajuda del departament d'HDO<sup>1</sup> de KOSPA.

El servidor disposa d'un sistema de seguretat basat en ArcServe que en cas d'error ens permet restaurar-lo en qüestió de minuts.<sup>2</sup> Arcserve es un sistema de backup periòdic que realitza còpies de seguretat mitjançant blocs de gran compressió i reduït pes.<sup>3</sup>

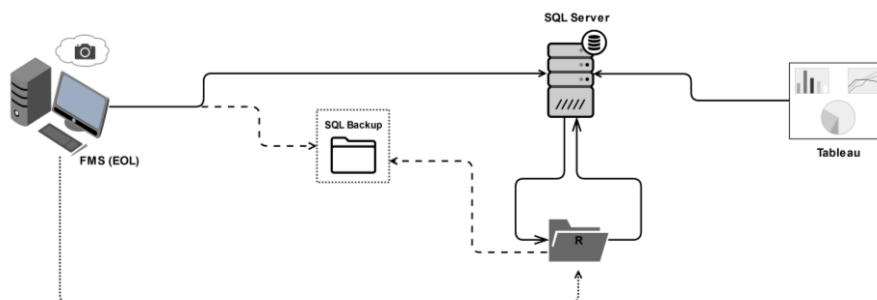


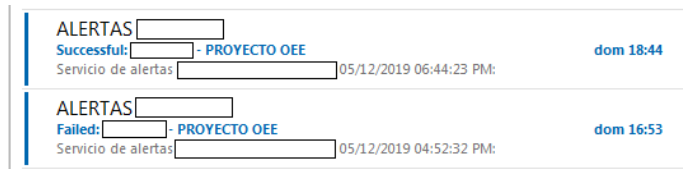
Diagrama 9. Sistema teòric amb el SQL Backup. [Font: Joan Jaume Oliver]

<sup>1</sup> HOD o Informàtica

<sup>2</sup> Aquest és el mateix sistema de backup que es va implementar durant el període de pràctiques a les línies de producció FMS.

<sup>3</sup> El sistema Arcserve, destaca per la seva capacitat de sols comprimir les modificacions dutes a terme en l'últim període analitzat.

En una empresa, és molt comú que els treballadors no disposin de temps suficient per estar comprovant i analitzant de forma constant el bon funcionament d'un sistema, per aquest motiu, es disposa d'un sistema d'alertes que t'informa en cas de detectar algun problema típic.<sup>1</sup>



Il·lustració 32. Sistema automàtic d'alertes.<sup>2</sup> [Font: Joan Jaume Oliver]

#### 6.3.4. KOSPA Friendly coding

Al estar treballant dintre d'una empresa, un detall interessant a comentar, és relatiu al tipus de programació utilitzada. Saber programar i saber programar bé son dos conceptes diferents, en aquest cas, es necessari saber programar be, de forma que qualsevol membre de l'equip pugui en qüestió de moments entendre un projecte totalment nou.

Aquest detall, encara que sembli insignificant, és completament essencial. En una indústria no pot parar res, tot ha de continuar sigui com sigui, de forma que si un dia es detecta un problema i la persona responsable d'aquell sistema no es troba disponible, qualsevol dels altres companys ha de poder, sense grans dificultats, corregir-ho. Amb aquest objectiu fixat, s'han establert una sèrie de protocols i estructures bàsiques a seguir, que ens permeten resoldre tot tipus de problemes de la forma més ràpida possible.

En el cas d'aquest projecte, tant la programació en R, com l'estructura del servidor o la programació del *KostalR for FMS* han estat realitzats seguint aquests patrons, de forma que a dia d'avui, qualsevol company seria capaç de modificar-la i fins i tot, millorar-la.

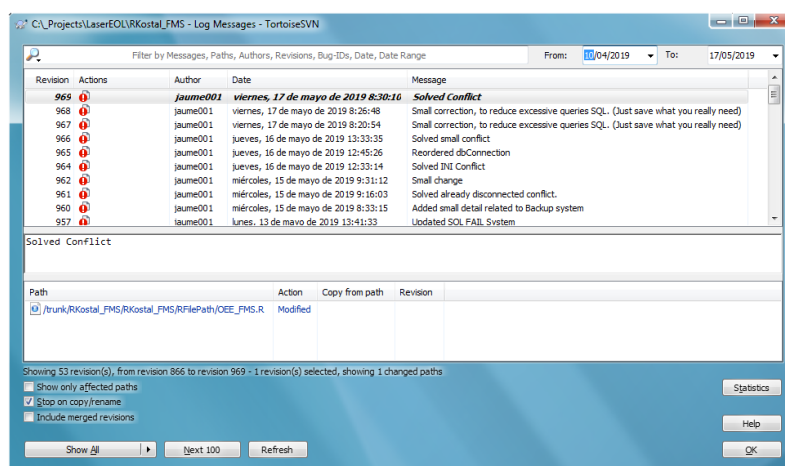
<sup>1</sup> D'alimentació o xarxa, principalment.

<sup>2</sup> Els hostnames han estat eliminats per motius de seguretat.

### 6.3.5. Subversion - Tortoise

Desenvolupar un nou sistema no és tasca fàcil i en molts casos és desesperant, per això, amb l'objectiu de facilitar la feina s'utilitza un sistema de guardat tipus Subversion<sup>1</sup>. Aquesta metodologia permet al usuari emmagatzemar múltiples instàncies d'un projecte en forma d'arbre, permetent-li testejar múltiples opcions de forma simultània i quedar-se en la més adequada.

Aquests sistemes són mundialment reconeguts com a bones pràctiques, perquè encara que són d'ús relativament complex, són en realitat de gran ajuda.



Il·lustració 33. Exemple d'ús del subversion. [Font: Joan Jaume Oliver]

### 6.3.6. Tableau i la representació gràfica

La representació gràfica, és l'última etapa i única cara visible del projecte. Fins al moment, tant el servidor, com el host o l'R, s'havien programat de forma que es trobessin en segon pla i l'usuari no tingués cap necessitat de conèixer el seu estat o funcionament. El sistema és completament automàtic i ha estat orientat a la màxima simplificació. La representació, al ser l'única cara visible, alhora que ha de ser simple, ha de ser clara, entenedora i intuïtiva.

Si la representació definitiva no compleix amb aquestes especificacions, ens trobaríem amb que el projecte no seria útil i caldria replantejar-lo.

<sup>1</sup> Subversion és un conegut sistema de control de versions.

Com més interactiu és un gràfic, millors idees expressa, però més complicada és l'estructura de les dades que llegeix. En moltes situacions, per poder representar el que interessa, cal reestructurar algunes taules en la seva totalitat.

En el cas d'aquest projecte, amb l'objectiu de disposar de la millor interacció possible, s'han dissenyat i implementat tantes estructures de dades com tipus de gràfics s'han requerit, de forma que s'ha evitat tota aquella computació virtual<sup>1</sup> més complicada que una suma, resta o concatenació.

Encara que *Tableau* és capaç de realitzar operacions més complexes, si aquestes es realitzen en R i es guarden les dades resultants al servidor, pot representar-les amb major fluïdesa.

La representació en *Tableau*, tot i ser molt lliure i oberta, no és gens senzilla. Una bona representació requereix d'una bona estructura, de forma que en el cas d'aquest projecte, és essencial, realitzar enginyeria inversa i imaginar-se el gràfic per aconseguir desglossar-lo cap a l'estructura adequada.

Una vegada es coneix l'estructura que s'ha de seguir, el millor és afegir aquesta estructura al SQL i computar-la mitjançant R.

Encara que dintre d'un gràfic, la representació és important, que aquest proporcioni molta informació de forma molt senzilla ho és més. Per aquest motiu, tots els gràfics dissenyats i implementats, disposen d'un menú d'ajustos que permeten filtrar gran quantitat de paràmetres i variables.

### **Anàlisi gràfic a gràfic**

Com prèviament s'ha esmenat, davant l'eficàcia demostrada del sistema, es van requerir múltiples afegits al sistema, de forma que paral·lelament a la representació del OEE, i mitjançant nous gràfics de *Tableau*, es poguessin analitzar també, altres qüestions de la línia.

Davant tantes noves implementacions, per simplificar la interacció, s'ha permès la perfecció de l'anàlisi mitjançant l'ús de filtres. A continuació s'aprecien tots i cada un dels filtres utilitzats segons gràfics resultants.

---

<sup>1</sup> A diferència d'altres softwares, *Tableau* no guarda en memòria cap càlcul, aquest simplement realitza operacions virtuals o volàtils.

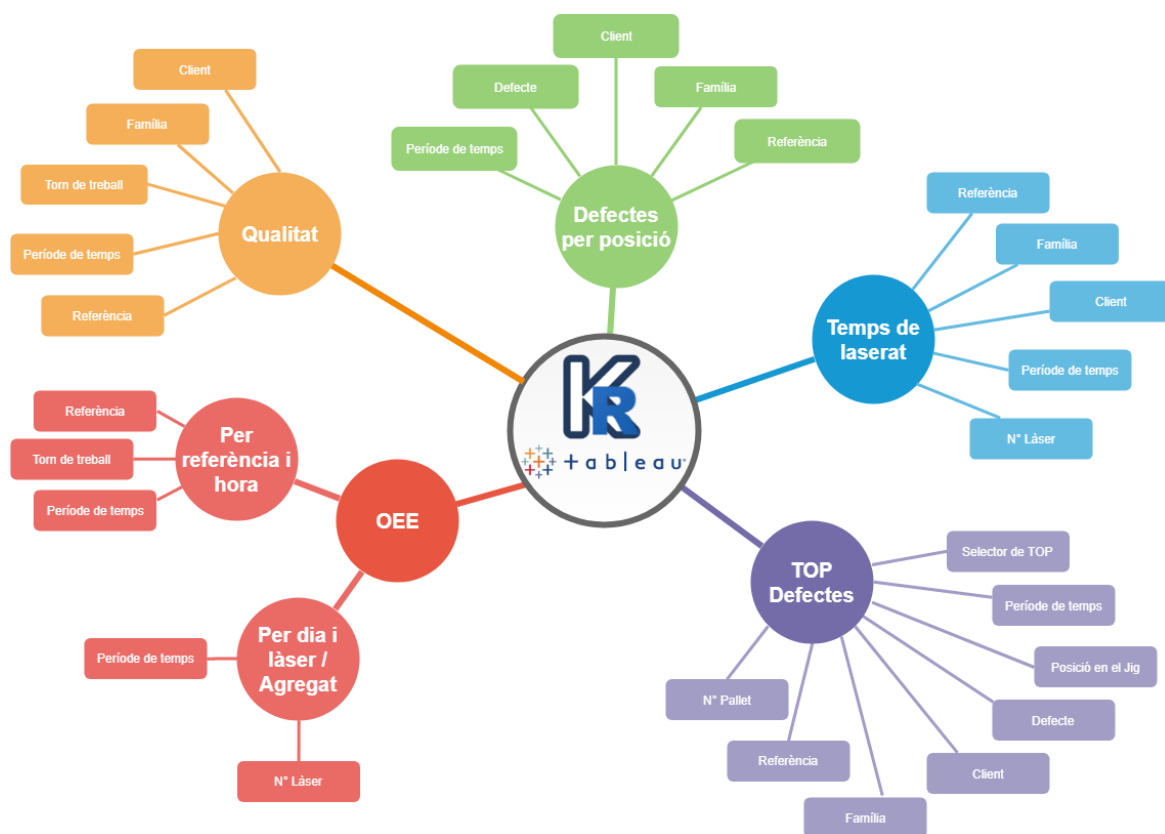


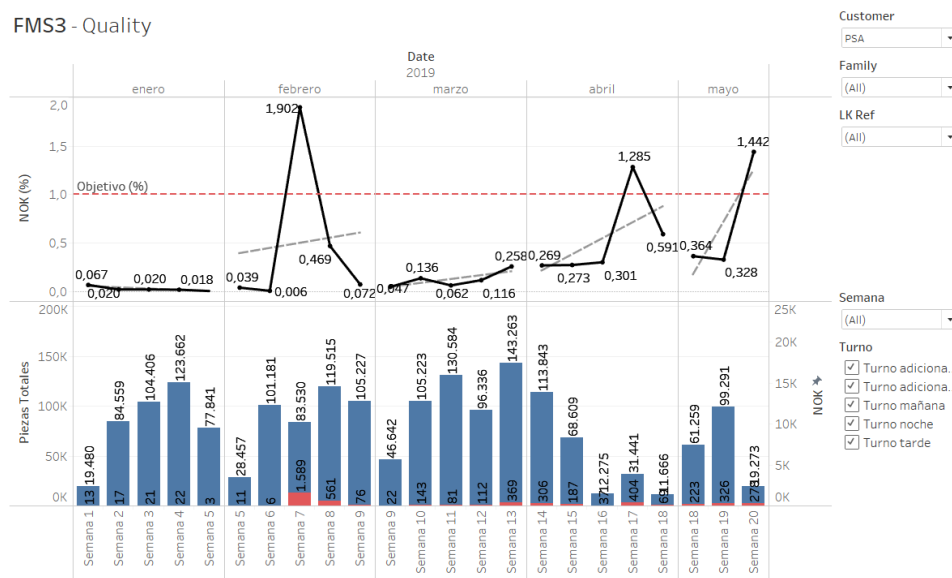
Diagrama 10. Diagrama dels filtres de Tableau per dashboard. [Font: Joan Jaume Oliver]

Amb l'objectiu de clarificar totes les funcionalitats dels múltiples dashboards<sup>1</sup> creats en *Tableau* s'han posat a disposició del lector petites taules resum amb la informació corresponent.

<sup>1</sup> El concepte dashboard és propi de *Tableau* i fa referència a la representació gràfica final d'un gràfic o conjunt de gràfics.

## KOSTAL

## FMS3 - Quality



Dashboard 1. Tableau Quality Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver]

## QUALITY (FMS2 i FMS3)

<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL. <sup>1</sup>
<b>Sortida:</b>	Informació <u>global</u> relativa a la qualitat de la línies de producció en un període de temps específic.
<b>Benefici/Utilitat:</b>	<p>Permet classificar totes les dades relatives a la qualitat de la línia per: client, família, referència, període de temps (setmanes) i torn.</p> <p><i>De forma senzilla i intuïtiva, es pot observar el comportament d'una peça, les seves tendències, i/o volums de fabricació.</i></p>
<b>Destinatari</b>	Persones o grups de persones amb interès genèric <sup>2</sup> sobre la producció. Directors generals, gerents o excepcionalment, els mateixos clients.

Taula 5. Resum del dashboard de Tableau Quality.

<sup>1</sup> Tableau ha estat configurat de forma que realitza les connexions de forma automàtica sense necessitat de cap tipus d'interacció per part de l'usuari.

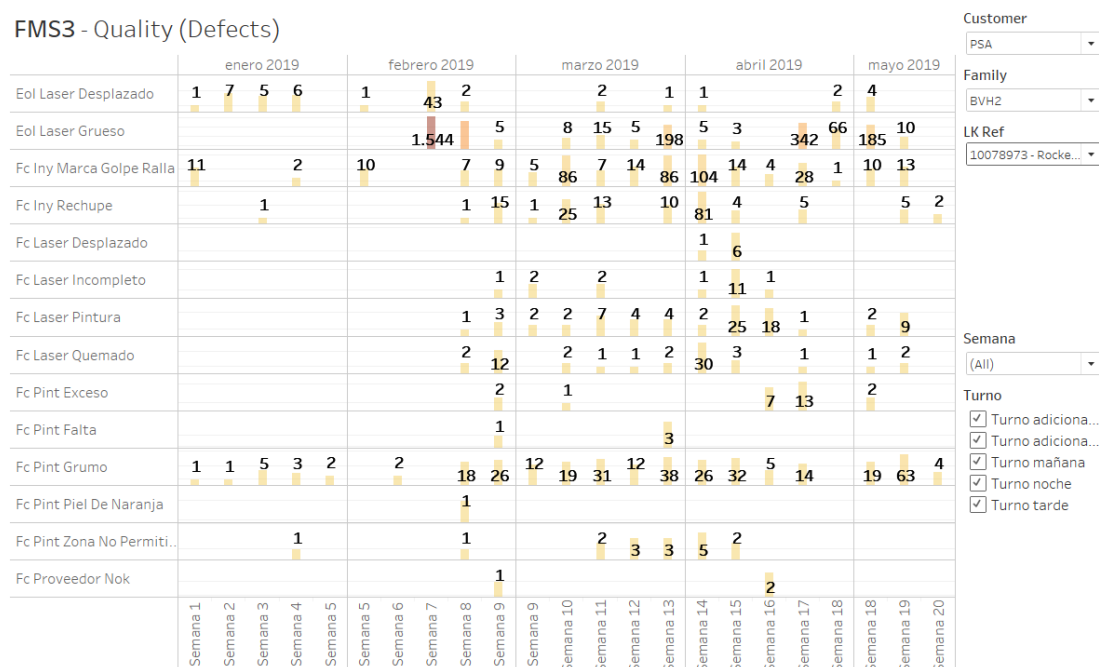
<sup>2</sup> Un usuari genèric no necessita conèixer el perquè dels resultats, simplement observar l'anàlisi global.



En l'exemple anterior, el gràfic superior et proporciona el percentatge de peces amb problemes de laserat en relació al seu volum, per setmana i mes. Mentre que el de sota et proporciona els volums de producció del mateix període. Complementàriament, es disposa d'un menú de filtres que permet a l'usuari interactuar amb el gràfic i analitzar el desitjat.

## KOSTAL

### FMS3 - Quality (Defects)



Dashboard 2. Tableau Quality Defects Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver]

En aquest gràfic, cada fila es correspon amb un tipus d'error específic i la seva corresponent l'evolució al llarg del temps especificat als seus filtres.

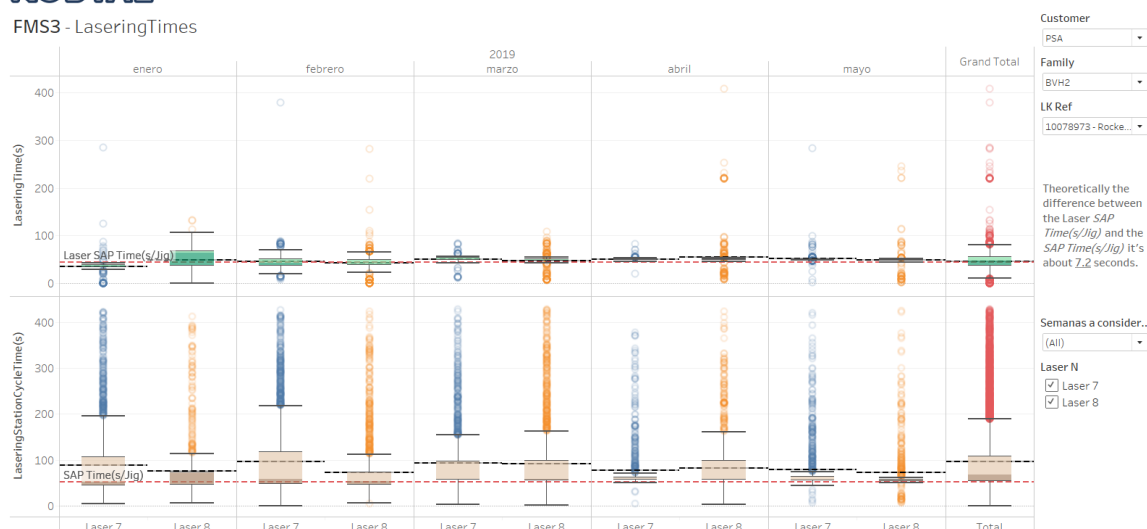
### QUALITY DEFECTS(FMS2 i FMS3)

<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL.
<b>Sortida:</b>	Informació <u>detallada</u> de qualitat de la línies de producció en un període de temps específic.
<b>Benefici/Utilitat:</b>	Permet observar totes les dades relatives a la qualitat de la línia, per client, família, referència, període de temps (setmanes) i torn. <i>De forma senzilla i intuïtiva es pot apreciar el comportament d'una peça, els seus errors més comuns i l'evolució d'aquests.</i>
<b>Destinatari</b>	Persones o grups de persones amb interès certament específic sobre la línia.: Departament de qualitat, cap de pintura, ....

Taula 6. Resum del dashboard de Tableau Quality Defects.

## KOSTAL

FMS3 - LaseringTimes



Dashboard 3. Tableau LaseringTimes Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver].

El gràfic superior fa referència al temps de laserat real comparat amb el teòric (en vermell), mentre que l'inferior fa referència als temps de cicle de laserat.

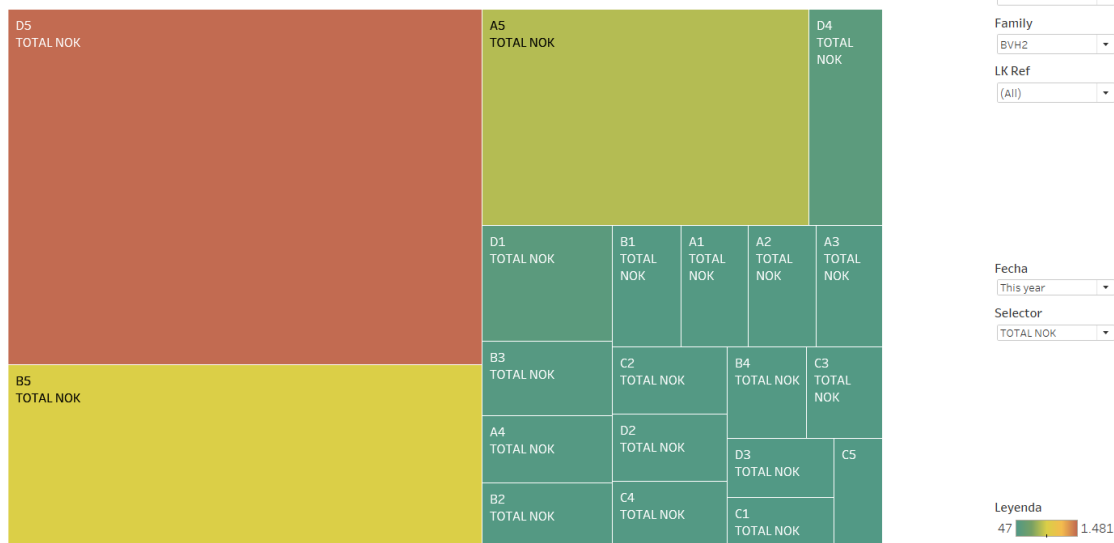
**LASERING TIMES(FMS2 i FMS3)**

<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL.
<b>Sortida:</b>	Informació <u>detallada</u> del temps de laserat per peça.
<b>Benefici/Utilitat:</b>	<p>Permet seleccionar la peça desitjada i observar els seu temps de laserat.</p> <p>De forma senzilla i intuïtiva permet observar si els temps teòrics considerats són els adequats.</p> <p>Els temps teòrics es caracteritzen per ser l'element clau que defineix el volum teòric que pot fabricar una empresa i d'aquesta forma els volums dels nous contractes realitzats i indirectament, la competitivitat dintre del mercat.</p>
<b>Destinatari</b>	Els enginyers responsables dels temps teòrics i els tècniques de làser. <i>La combinació d'ambdós permet definir temps teòrics més precisos que com anteriorment s'han esmentat, permetrien una major competitivitat de mercat.</i>

Taula 7. Resum del dashboard de Tableau LaseringTimes.

**KOSTAL**

FMS3 - NOK by JigPosition



Dashboard 4. Tableau Nok by JigPosition Dashboard [Font: Joan Jaume Oliver]

Gràfic de tipus *treemap* amb representació jeràrquica de totes les dades en forma de rectangles. Mentre que cada rectangle o branca de l'arbre equival a una posició del Jig, la mida dels rectangles equival a la quantitat de vegades que s'ha produït l'error.

**NOK by JigPosition (FMS2 i FMS3)**

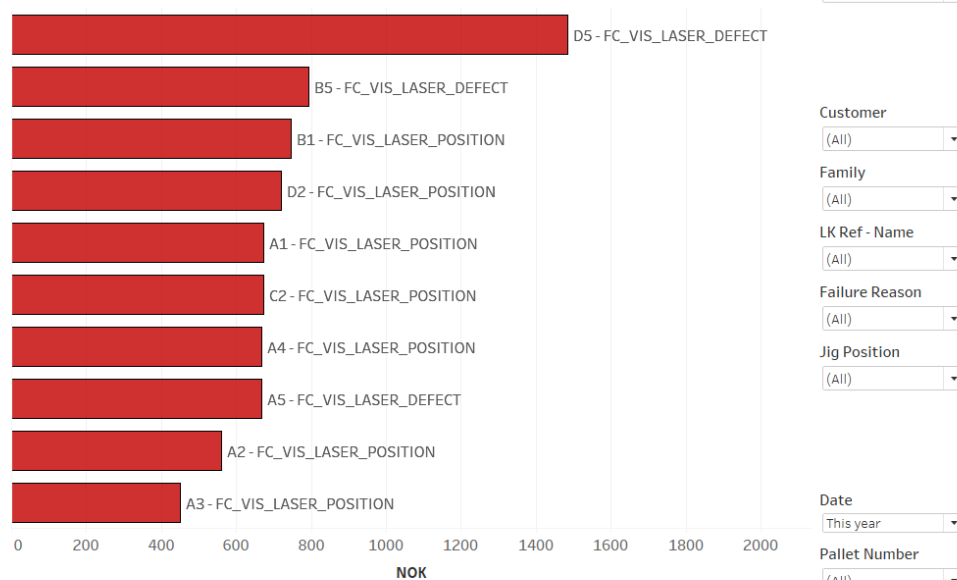
<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL.
<b>Sortida:</b>	Informació <u>detallada</u> de tots els errors per peça i posicions més comunes dintre del conjunt.
<b>Benefici/Utilitat:</b>	Permet classificar totes les peces i analitzar error a error si alguna posició del Jig és més propensa a altres a sofrir el defecte.
<b>Destinatari</b>	Els enginyers responsables del sistema de visió i els tècnics de làser. · <u>Exemple d'ús:</u> Detectar si alguna posició del conjunt pot sofrir majors defectes de pintura. <sup>1</sup>

Taula 8. Resum del dashboard de Tableau NOK by JigPosition.

<sup>1</sup> Rechupes, ráfagas, rayaduras o grumos. (Terminologia pròpia de l'empresa).

# KOSTAL

## FMS3 - TOP Failure reasons



Dashboard 5. Tableau TOP Failure reasons dashboard [Font: Joan Jaume Oliver]

Gràfic de tipus Pareto<sup>1</sup> on s'han combinat tots els tipus d'errors i totes les posicions. Permet analitzar de forma menys detallada les posicions i raons més crítiques del conjunt.

### TOP Failure Reasons (FMS2 i FMS3)

<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL.
<b>Sortida:</b>	Informació <u>global</u> de totes les posicions dintre dels Jigs i els seus errors més comuns.
<b>Benefici/Utilitat:</b>	Permet classificar totes les peces i observar de forma més senzilla i menys detallada si alguna posició del Jig és més propensa a sofrir algun tipus de defecte. En moltes situacions, la distribució física de les peces en el seu conjunt, pot per motius mecànics no ser l'adequada a nivell de laserat i generar conflicte. A

<sup>1</sup> Diagrama de Pareto també anomenat corba tancada o distribució A-B-C.

**Destinatari**

diferencia del dashboard anterior, aquest és el que es coneix com un Pareto i en conseqüència és un top de defectes que et permet fer-te una idea més global.

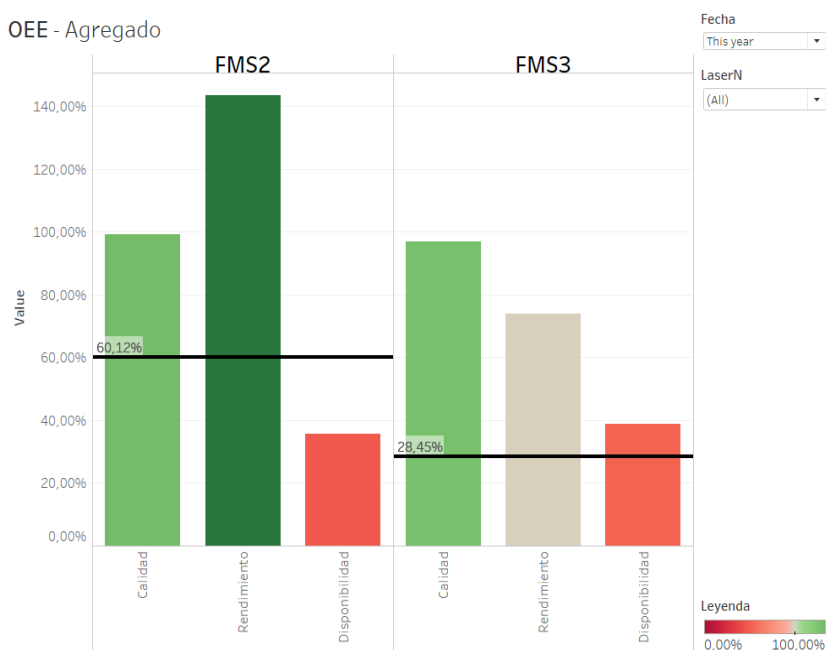
· Exemple d'ús: És possible que la posició D5, la més llunyana del capçal del làser, deformi a nivell mil·limètric els patrons que es laseren? Resposta: Sí. Descobert fent l'anàlisi d'aquest Dashboard a la dinàmica de seguiment del 09/05/2019

Els enginyers responsables del sistema de visió, tècnics de làser i personal de qualitat.

Taula 9. Resum del dashboard de Tableau TOP Failure Reasons.

## KOSTAL

OEE - Agregado



Dashboard 6. Tableau dashboard OEE Agregado [Font: Joan Jaume Oliver]

Diagrama de barres on s'aprecien els resultats globals de les màquines de producció representats en termes de qualitat, rendiment, disponibilitat i l'OEE, o la seva multiplicació, en forma de línia horitzontal.

### OEE Agregat (FMS2 i FMS3)

<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL.
<b>Sortida:</b>	IPK tipus OEE de totes les màquines de laserat.
<b>Benefici/Utilitat:</b>	Permet observar de forma ràpida i simple, el funcionament global de les FMS. (Aquest gràfic s'utilitza per calcular la rendibilitat de les línies de producció).

*Exemple d'ús: Per augmentar producció, cal muntar una nova FMS4 o realitzar millores en les anteriors?*

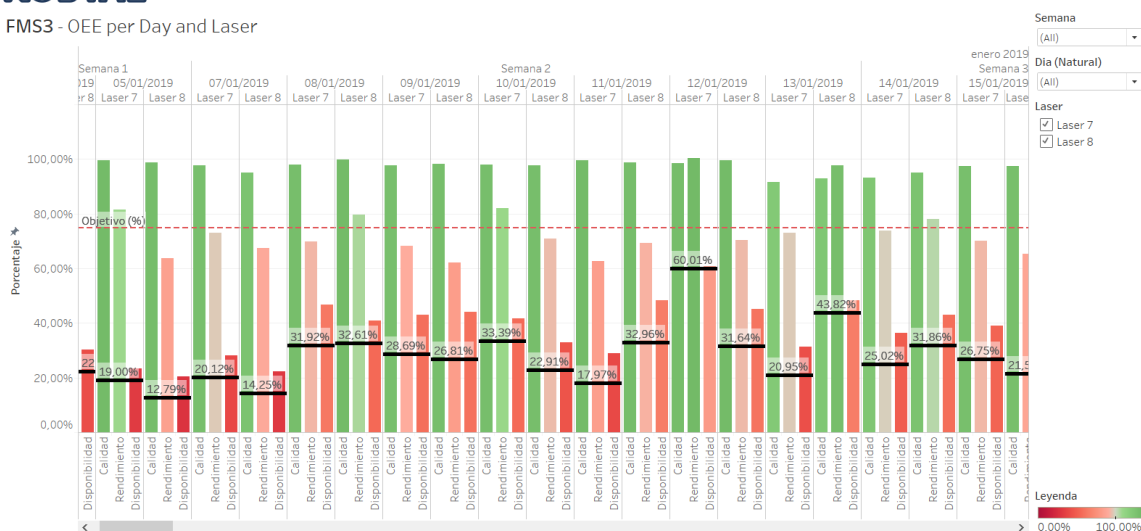
### Destinatari

Destinat principalment a direcció, gerència i managers.

Taula 10. Resum del dashboard de Tableau OEE Agregat.

## KOSTAL

FMS3 - OEE per Day and Laser



Dashbord 7. Tableau dashboard OEE per dia i làser [Font: Joan Jaume Oliver]

Gràfic de barres similar a l'anterior desglossat per dia i làser.

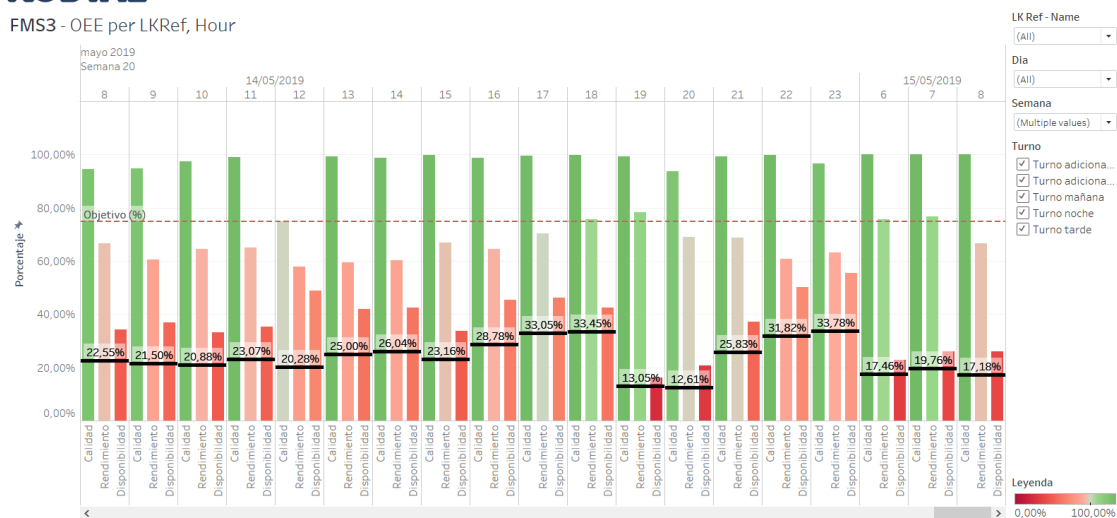
### OEE per Day and Laser (FMS2 i FMS3)

<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL.
<b>Sortida:</b>	IPK tipus OEE de totes les màquines de laserat.
<b>Benefici/Utilitat:</b>	Permet observar de forma ràpida i simple, el funcionament global de les FMS. Aquest gràfic s'utilitza per calcular la rendibilitat de les línies de producció i comparar l'evolució al llarg del temps de forma més detallada.
<b>Destinatari</b>	Destinat a managers i caps de producció.

Taula 11. Resum del dashboard de Tableau del OEE per referència i hora.

## KOSTAL

FMS3 - OEE per LKRef, Hour



Dashboard 8. Dashboard de Tableau de l'OEE per Referència i Hora [Font: Joan Jaume Oliver]

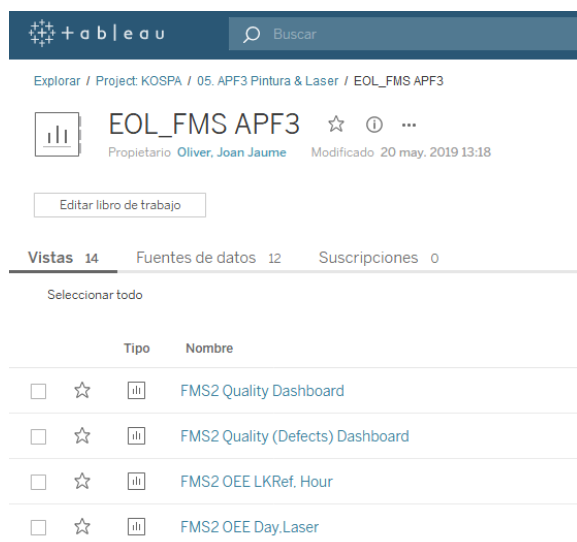
Gràfic de barres molt similar als anteriors que permet visualitzar l'OEE per hora i referència, i detectar de forma ràpida, l'influència de cada referència en el conjunt dels dies.

**OEE per LKRef and Hour (FMS2 i FMS3)**

<b>Entrades:</b>	Taula específica del servidor SQL.
<b>Sortida:</b>	IPK OEE de totes les màquines de laserat per hora i referència
<b>Benefici/Utilitat:</b>	Permet observar de forma ràpida i simple, el funcionament detallat de les FMS <i>Aquest gràfic permet detectar si alguna referència suposa majors problemes que altres i en conseqüència, altera el valor del OEE.</i>
<b>Destinatari</b>	Destinat a managers i caps de producció

## La representació gràfica dinàmica

Per permetre que tothom pugi accedir i consultar els diferents *dashboards* creats, KOSPA disposa d'un servidor de *Tableau* on es poden publicar els arxius, de forma que qualsevol usuari amb llicència, almenys de lectura, pot interactuar-hi des de qualsevol dispositiu i lloc.<sup>1</sup>



Il·lustració 34. KOSPA Tableau Server [Font: Joan Jaume Oliver]

<sup>1</sup> Sempre i quan l'usuari disposi d'accés remot a la xarxa interna de KOSPA.



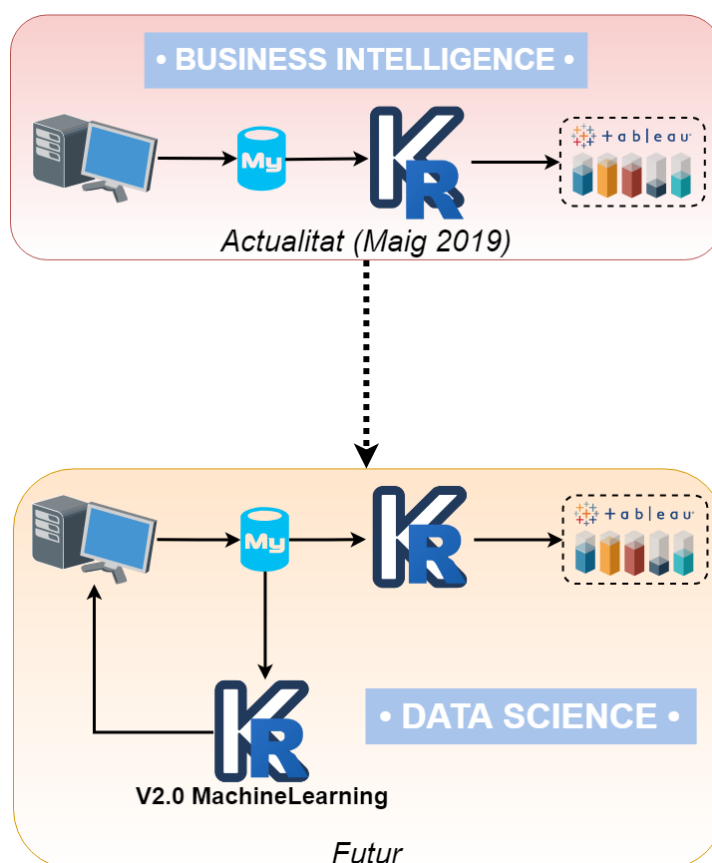
## 7. Futur i endemà del projecte

Encara que a simple vista el projecte sembli acabat, aquest sols ha acabat de començar. Ens trobem en un punt on es disposa de tota la infraestructura necessària per analitzar els comportaments anteriors fins a l'instant actual. De forma que ara sols faltaria anar adequant les representacions gràfiques a les necessitats dels responsables de cada àrea i començar amb les prediccions de futur.

Tenim la sort que estem emmagatzemant totes les dades en un servidor SQL, de forma que el següent pas seria crear un petit algoritme predictiu que permetés analitzar el futur de la línia de producció. Aquests algoritmes són coneguts com a Machine Learning o Artificial Intelligence. Petites seccions de codi que a partir d'un anàlisi de l'estat anterior prediuen l'endemà.

Encara que de forma senzilla i ràpida es podria simular aquesta predicció a partir d'una regressió lineal amb un interval de confiança del 95%, existeixen factors externs com poden ser el pallet utilitzat per laserar o el lloc de càrrega des d'on s'ha llançat la peça, que no afecten de manera directa, però s'haurien d'estudiar per apreciar si existeix alguna correlació amb ells que afectaria al rendiment de la màquina i caldria tenir-los en consideració.

Parlant ara d'un futur no tan llunyà, el sistema està preparat per funcionar de manera autònoma i de forma indefinida, de manera que un dels passos interessants a seguir pels propers mesos, seria la implementació de noves representacions i sistemes de correlacions de les línies de producció.



Il·lustració 35. Futur del projecte [Font: Joan Jaume Oliver]

## 7.1. Servidor SQL

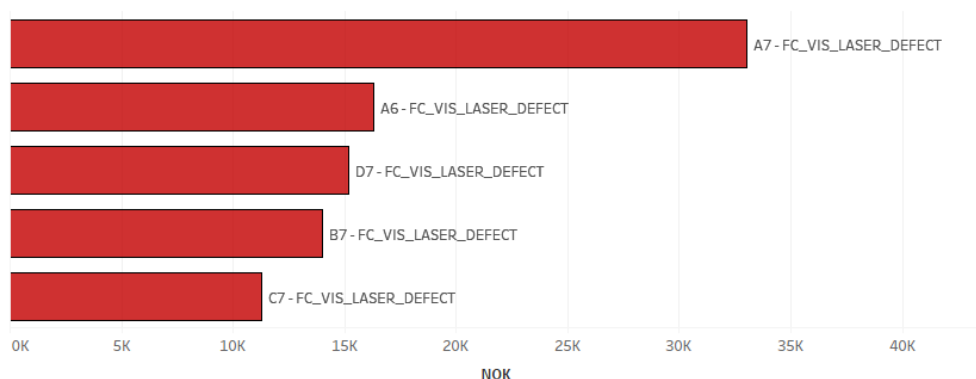
Encara que aquest servidor està preparat per emmagatzemar *Big Data*, l'únic pas més que necessita, amb l'ajuda de HDO<sup>1</sup>, és establir un protocol de buidatge que permeti alliberar periòdicament totes aquelles dades que ja no són d'interès.

El gràfic següent, és per exemple, una situació on l'emmagatzematge de dades de més d'un mes no és del nostre interès.

<sup>1</sup> HDO segles que fan referència al departament d'informàtica de KOSPA.

# KOSTAL

FMS3 - TOP Failure reasons



Selector Top

TOP 5

Date

This year

LK Ref - Name

(All)

Failure Reason

(All)

Jig Position

(All)

Pallet Number

(All)

Dashboard 9. Dashboard de Tableau [Font: Joan Jaume Oliver]

L'exemple anterior consisteix en un gràfic tipus *Pareto* que permet buscar i analitzar correlacions d'errors per posicionament i raó de la peça en el conjunt. Aquest gràfic és molt interessant en el dia a dia, però no més enllà d'una setmana.

## 7.2. Altres implementacions

Encara que aquest projecte ha estat enfocat a les màquines de laserat de KOSTAL, ha estat dissenyat per poder ser extrapolat a qualsevol altra línia de producció simplement modificant el fitxer d'R. Obtenint d'aquesta forma un sistema completament obert sense cap tipus de limitació a part d'un mateix. Amb ganes i temps, aquest es podria extrapolat a tota línia de producció existent i per existir.

Al haver treballat dintre d'una empresa, s'ha seguit la estructura típica de l'empresa i les seves línies de producció, d'aquesta forma, amb petits canvis de dificultat mínima, es podria reestructurar el sistema i utilitzar-lo amb altres enfocs i punts de vista, com són per exemple, les màquines d'assemblatge.

## 7.3. Costs econòmics

Totes les implementacions i millores a futurs planejades en anterioritat, han estat prèviament analitzades des de un punt de vista econòmic, de forma que ens trobem en una situació on no es requereixen de cap tipus de recursos o inversions, simplement de temps i grans esforços. El software



utilitzat pel projecte, és el mateix que es requereix per a les millores, de forma que si aquest s'organitza i s'utilitza bé, ens trobem amb una situació on ja tenim les eines i les idees.

Segurament, la de Machine Learning plantejada en anterioritat pot parèixer ser la més costosa, però no és cert. A dia d'avui, és suficient amb seguir utilitzant el software lliure R i les seves llibreries públiques.<sup>1</sup> Addicionalment, es disposa d'un servidor tipus SQL, de forma que no caldria cap inversió més, i totes les millores serien a cost zero, exceptuant el preu de les hores dediques per la persona encarregada.

## **7.4. Protocol d'implementacions o canvis a seguir**

Per evitar que un projecte s'ensorri un cop aquest s'ha acabat o s'ha arribat a la seva deadline<sup>2</sup>, cal establir protocols de conducta que permetin la seva subsistència, especialment en casos de projectes pràctics com aquest.

Un projecte requereix de gran quantitat de manteniments al seu darrere i és per això que en aquest cas es va acabar una versió preliminar a finals d'abril i es varen realitzar durant les tres primeres setmanes del mes de maig diversos tests de rendiment que permeteren definir un protocol d'implementacions i millores.

Per definir un protocol a futur cal conèixer les limitacions reals del projecte, per la qual es va realitzar un stress-test<sup>3</sup> durant unes 48h. Aquest va consistir en enviaments massius de dades d'aproximadament dos milions de registres<sup>4</sup>, cada 30 segons. Aquest petit anàlisi de rendiment va

---

<sup>1</sup> Per al Machine Learning es recomana l'ús de la llibreria *Caret*, paraula diminutiu de *Classification And REgression Training*.

<sup>2</sup> Data límit o d'entrega en llengua anglesa.

<sup>3</sup> Test de rendiment o stress-test en anglès. (Aquests tests analitzen els límits reals del sistema).

<sup>4</sup> Es va fer una aproximació matemàtica i es va establir dos milions com el nombre màxim de registres que s'utilitzarien a la volta.

permetre definir en certa manera els límits reals de les consultes a realitzar<sup>1</sup> i indirectament, la viabilitat de les millores.

El primer pas necessari a seguir per realitzar qualsevol modificació, per petita que sigui aquesta, és entendre amb la seva totalitat el funcionament del sistema. Un cop l'usuari entén el sistema, aquest necessita conèixer que vol analitzar i en conseqüència, es recomana imaginar-se els gràfics que seran necessaris.

Un cop es disposa d'un petit esbós, cal fer una mica d'enginyeria inversa i definir mitjançant alguna eina de càlcul i gràfic, l'estructura de les dades. Així, com a últim pas, sols quedaria la creació de l'estructura seqüencial del codi en R.

Es recomana, que en cas de voler fer una millora, implementació o canvi, aquesta es realitzi en algun sistema local, com pot ser un ordinador de desenvolupament combinat per exemple, amb un petit SQL Lite<sup>2</sup>. I posteriorment, quan la millora estigui ben definida es recomana la creació d'una nova taula en el servidor de SQL del projecte que interactuaria amb l'R.

D'aquesta manera s'aconsegueix realitzar una millora que no afecta directament al sistema actual i es podria en cas de ser necessari, desactivar sense majors dificultats.

#### Tráfico de red desde el inicio: 60.5 GB

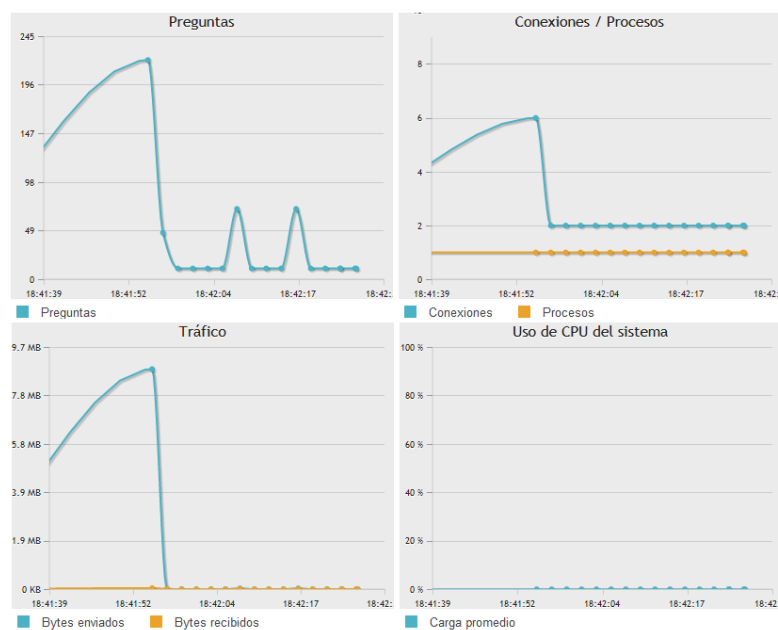
Este servidor MySQL ha estado activo durante 9 días, 9 horas, 28 minutos y 50 segundos. Se inició en 13-05-2019 a las 08:52:50.

Tráfico	#	Ø por hora	Conexiones	#	Ø por hora	%
Recibido	1 GB	4.5 MB	Máximas conexiones concurrentes	23	---	---
Enviado	59.6 GB	270.5 MB	Intentos fallidos	641	2.84	2.01%
Total	60.5 GB	274.9 MB	Abortado	14	0.06	0.04%
			Total	32 k	141.36	100.00%

Il·lustració 36. Tràfic en el servidor durant 9 dies de treball continuat [Font: Joan Jaume Oliver]

<sup>1</sup> Per motius de confidencialitat, aquests resultats no han estat introduïts en aquesta documentació.

<sup>2</sup> SQL Lite es una base de dades relacional continguda en una llibreria de C, que permet una instal·lació neta i molt senzilla que s'utilitza per integrar dins altre programari, com pot ser l'R.



Il·lustració 37. Sistema de monitorització del servidor SQL [Font: Joan Jaume Oliver]

## 8. Aprenentatge autònom complementari al TFG

Per poder realitzar aquest projecte, va ser necessària formació en llenguatge SQL, *Tableau* i *R*. En relació als dos primers, s'han realitzat cursos i formacions gratuïtes. Per l'*R* en canvi, s'ha realitzat un curs de formació online en *Data Science* per la universitat de Harvard amb l'objectiu d'aprofundir en aquest món i realitzar un TFG el més complet i òptim possible.

Encara que un prototip hagués pogut ser suficient, es va considerar que el millor era implementar-ho en la seva totalitat, però per tenir els coneixements necessaris per la implementació, varen ser necessàries grans quantitats d'hores extres d'estudi.

### 8.1. SQL

Per aprendre llenguatge SQL i administració de servidors, es va dedicar una mitjana de 30-45 minuts diaris durant quasi dos mesos a l'estudi de comandes i instruccions combinades amb tests de dades pròpies de línies i servidors obsolets. Paral·lelament, es varen realitzar diferents cursos i guies gratuïtes disponibles en la xarxa que proporcionaren una formació suficient per realitzar un projecte que minimitzés el recurs de SQL utilitzats i facilités totes les comunicacions.

### 8.2. Tableau

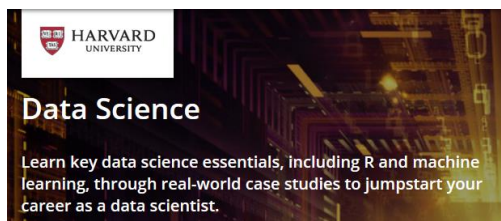
Al ser *Tableau* el software que proporcionaria tota la part estètica del projecte, es varen realitzar els cursos que proporciona la mateixa web oficial conjuntament amb cursos de formació disponibles a plataformes online com per exemple, LinkedIn.<sup>1</sup>

L'estudi de *Tableau* no fou fàcil, la majoria de cursos estan enfocats a utilitzar dades econòmiques, de forma que la majoria d'idees no es poden extrapolar a un ambient productiu com el de KOSTAL, i requereixen de grans quantitats de passes intermèdies per aconseguir els resultats desitjats.

---

<sup>1</sup> A continuació es poden consultar alguns exemples de cursos de formació en *Tableau*: <https://www.linkedin.com/learning/topics/tableau>

### 8.3. Harvard – Data Science



Il·lustració 38. Harvard - Data Science [Font: edx.org]

El món del business intelligence encara que és molt complex, és molt interessant. Aquest disposa de grans possibilitats i sortides, però requereix d'unes dades tractades i de fàcil accés. A més, per disposar dels coneixements suficients, és interessant formar-se prèviament en *Data Science*.

Com a formació complementària al projecte, s'ha realitzat un curs online de formació en *Data Science* mitjançant el llenguatge R, per la Universitat de Harvard<sup>1</sup> (Més informació disponible aquí). El curs assolit ha consistit en les següents vuit assignatures i diversos projectes finals.

- R Basis
- Probability
- Productivity Tools
- Linear Regression
- Visualization
- Interference and Modeling
- Wrangling
- Machine Learning

Com a *Capstone*<sup>2</sup> del curs, es va realitzar un examen final i dos projectes de *Machine Learning*. El primer, de temàtica fixa, va consistir en la creació d'un sistema de recomanació com el que disposen famoses plataformes de continguts online<sup>3</sup>, l'objectiu era minimitzar l'error de l'algoritme. El segon en canvi, va ser de temàtica lliure i es va enfocar a una temàtica completament diferent amb l'objectiu d'abraçar tot tipus de sistemes, algorismes i alternatives que permetessin una formació adequada.<sup>4</sup>

Ambdós projectes han estat peça essencial que han proporcionat a l'estudiant totes aquelles eines que han permès la creació d'un fitxer R el més eficient possible. Amb els coneixements obtinguts durant els últims quatre mesos de formació, s'ha desenvolupat una nova forma d'entendre el *Big Data* molt útil per al projecte i l'estudiant.

<sup>1</sup> Universitat de Harvard - <https://online-learning.harvard.edu/>

<sup>2</sup> Paraula anglosaxona utilitzada per indicar el final d'aquesta etapa.

<sup>3</sup> (Oliver, Abril 2019)

<sup>4</sup> (Oliver, Maig 2019)



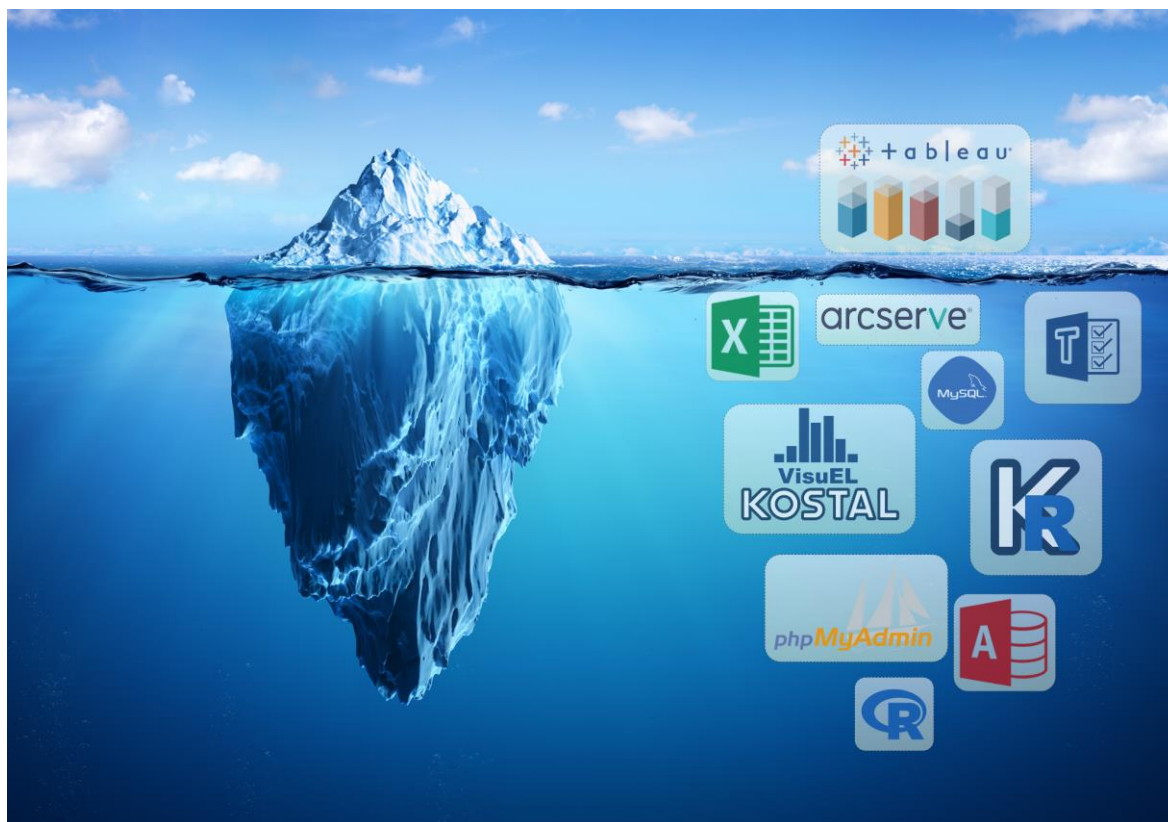
## 9. Retrospectiva

Segur que qualsevol ha sentit alguna vegada en la seva vida que ho tenim molt fàcil per acostumar-nos al que ens agrada. És per això que s'ha decidit realitzar una petita comparativa entre el sistema actual i l'inicial. Aquesta pot ajudar-nos a entendre totes les millores i implementacions que s'han portat a terme des de el seu inici.

	<i>INICI DEL PROJECTE</i>	<i>ETAPA INTERMITJA</i>	<i>FINALITZACIÓ DEL PROJECTE</i>
<b>Generació de dades</b>	Arxius .CSV amb problemes de generació de registres	Arxius .CSV sense problemes de generació de registres.	Connexió al SQL sense problemes de generació de registres.
<b>Càlcul d'IPKs</b>	-	Excel (~ 7 minuts/dia)	R (~ 5 segons/mes) (Automàticament)
<b>Representació d'IPKs</b>	-	Excel (Manual)	Tableau (Automàtica)
<b>Altres anàlisis (p.e qualitat)</b>	-	-	R + SQL + Tableau (Automàticament)
<b>Anàlisi de correlacions</b>	-	-	Interacció amb Tableau (Senzilla i intuïtiva)

Taula 12. Retrospectiva del projecte.

En el cas específic d'aquest projecte, el sistema final s'ha vist resumit únicament a gràfics generats en *Tableau*. Aquests es troben en realitat, sustentats per grans quantitats de petites eines i sistemes.



Il·lustració 39. Sistema Front-End / Back-End dissenyat. [Font: Joan Jaume Oliver]

### 9.1. Anàlisi retrospectiu de la matriu de riscos

Al principi del projecte es va plantejar un matriu de riscos<sup>1</sup> on es varen anotar segons probabilitat i severitat diverses situacions adverses pel projecte. A continuació, una vegada aquest ha estat implementat, es classifica amb dues columnes tots els riscos prèviament mencionats segons si aquests s'han o no, assumit.

Cada element de la matriu disposa d'un índex numèric el qual ordena segons probabilitat i severitat tots els riscos presents. Aquest element, s'ha utilitzat per comparar i ponderar els riscos assumits envers els evitats.

<i>Riscos assumits</i>		<i>Riscos evitats</i>	
<b>Explicació</b>	<b>Pes/Importància (adimensional)</b>	<b>Explicació</b>	<b>Pes/Importància (adimensional)</b>
Requeriments per part d'altres sectors de l'empresa. <sup>2</sup>	2	Interferència per part d'alemanya.	1
Implementar el projecte en ambdues FMS	3	Falta de suport.	4
Requeriments de millores constants	7	Conflictes amb els responsables de línia.	5

<sup>1</sup> Vincle directe: *Matriu de riscos*

<sup>2</sup> Millores i nous anàlisis de dades a nivell de qualitat. (Al principi, s'analitzava única i exclusivament un IPK específic).

per part de l'empresa. <sup>1</sup>			
Problemes amb el software de càlcul. <sup>2</sup>	8	Falta de llicències o recursos.	6
Millores indirectes a la línia de producció. <sup>3</sup>	9	Problemes de la línia de producció.	10
Restriccions pròpies de l'empresa. <sup>4</sup>	11	Problemes amb la disponibilitat del servidor.	12
<b>PES TOTAL (ASSUMIT)</b>	<b>40 (51,28 %)</b>	<b>PES TOTAL (EVITAT)</b>	<b>38 (48,72 %)</b>

Taula 13. Resum dels riscos assumits en el projecte.

Com s'aprecia, al llarg del projecte s'han hagut d'assumir algunes de les tasques especificades en la matriu de riscos. Aquestes responsabilitats indirectes, encara que senzilles en algunes situacions, en altres han arribat a suposar setmanes de feina.<sup>1</sup>

La situació ideal hauria estat obviar tots aquests riscos i no haver-ne assumit cap, aquesta opció però, no ha estat viable. Aquest projecte, tot i haver estat dissenyat en la totalitat per l'estudiant, ha estat realitzat per ser implementat en una empresa i s'ha hagut de treballar en conseqüència.

És per això, que tot i haver assumit la meitat dels riscos plantejats a la matriu, es mira amb bons ulls l'experiència viscuda.

<sup>1</sup> L'última millora d'aquest projecte data del 28/05/2019.

<sup>2</sup> Vincle directe: *Explotació i representació manual dels registres*

<sup>3</sup> Vincle directe: *Sistema automatitzat d'enregistrament d'informació*

<sup>4</sup> Vincle directe: *Restriccions indirectes (Constraints)*

## 9.2. Lliçons apreses

Al treballar dintre d'una empresa com KOSTAL, a l'hora que s'ha tingut la possibilitat d'implementar el projecte en una línia de producció real, s'han afrontat situacions considerablement adverses i complementàries, que d'altra manera no haurien ocorregut i no haurien ajudat a canviar la perspectiva del funcionament real del món laboral a l'estudiant.

Aquest projecte ha ajudat a canviar la perspectiva del funcionament d'una empresa industrial. Tot i que els estudiants estan acostumats a realitzar projectes relativament complicats, aquests s'enfoquen majoritàriament a superar els objectius d'una assignatura. En una empresa com KOSTAL, l'objectiu no és finalitzar un projecte, l'objectiu és realitzar un projecte, comunament, en el mínim temps possible que et permeti millores en termes productius.<sup>1</sup>

Qualsevol projecte anteriorment realitzat, un cop s'havia finalitzat, s'apartava i s'anotava com nous coneixements. En el món real, el de la indústria, un projecte finalitza amb l'eliminació de la línia de producció. Encara que el millor enginyer dissenyés una nova línia de producció, aquesta es veuria sotmesa a una casuística infinita<sup>2</sup> i en conseqüència, a canvis i implementacions constants.

*Nosaltres no només dissenyem i implementem una línia de producció. Implementar una solució per al funcionament teòric és el més senzill, és per això que nosaltres dissenyem i implementem línies de producció a prova de bombes.*

Mario<sup>3</sup> (Març 2019)

Aquesta fou una de les frases que els companys de departament digueren a l'estudiant aquells dies que el projecte no anava sobre rodes i no deixaven d'aparèixer els problemes causats per la casuística infinita de la línia. Fins al moment, els projectes que l'estudiant havia realitzat no es veien sotmesos a

---

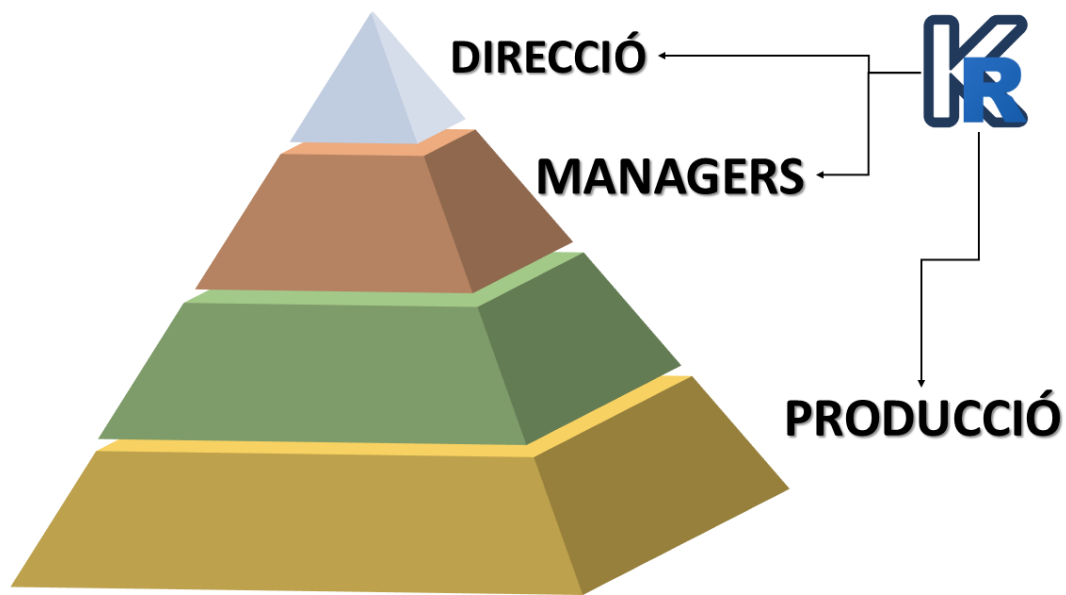
<sup>1</sup> Tant una implementació com una nova línia, es consideren millores en la producció global de l'empresa.

<sup>2</sup> Com a exemple, les FMS són línies per les quals diàriament es laseren més de 40.000 peces de clients i models completament diferents.

<sup>3</sup> En aplicació del Reglament General de Protecció de dades, s'han esborrat els cognoms de la persona.

tal casuística i no era necessari tenir en consideració totes les combinacions i possibilitats que si s'han hagut de considerar en aquest TFG.

Adicionalment, aquest projecte ha consistit en la implementació d'una millora en una línia de producció activa, motiu pel qual s'ha hagut de tractar amb un gran nombre de persones que hi treballen diàriament (*operaris, tècnics, responsables, suports, qualitat o experts*). Aquesta situació, ha ajudat a comprendre que la millora implementada no està enfocada exclusivament a un grup de persones, sinó a múltiples grups amb objectius i necessitats diferents.



*Il·lustració 40. Connexions entre departaments que realitza el sistema dissenyat [Font: Joan Jaume Oliver]*

Tot i la dificultat addicional que han suposat les etapes d'implementació i test del projecte, aquestes han permès a l'estudiant una visió més global que no s'hauria obtingut de cap altra manera.

## Conclusions

Tot i que avui en dia, per la majoria d'empreses el concepte d'indústria 4.0 es troba molt lluny de la realitat, ens trobem en el punt d'inflexió on les primeres aplicacions pròpies d'aquesta nova etapa industrial estan agafant força. Aquestes, es troben en l'actualitat, en etapes molt inicials i normalment no disposen ni de robustesa ni fiabilitat.

Per les raons mencionades, tota empresa interessada en avançar-se i situar-se en l'avantguarda d'aquesta nova era industrial, ha d'invertir i desenvolupar per ella mateixa, els sistemes desitjats. *Desenvolupament d'un sistema de business intelligence al sector de l'automoció* és el resultat de la creació d'un sistema instantani d'anàlisi de dades provinents de produccions industrials. Aquest segueix l'estructura conceptual de les aplicacions d'indústria 4.0 i permet de forma simultània i immediata, múltiples anàlisis d'una mateixa línia productiva, típicament enfocats a múltiples divisions d'una mateixa empresa.

Adicionalment a les tasques d'anàlisi, destaca especialment per no disposar de limitacions a l'hora d'inspeccionar correlacions que justifiquin tot tipus de comportaments anòmals i permetin realitzar millores en les línies de producció. Al haver-se dissenyat des de zero i sense precedents, és en l'actualitat un conjunt d'eines, aplicacions i servidors que interactuen entre ells de forma totalment asíncrona<sup>1</sup>.

L'exclusiu disseny creat, implementat i testejat, ha permès una flexibilitat tal, que en qüestió d'hores, un usuari format pot crear o modificar qualsevol estructura sense arribar a alterar el correcte funcionament de les línies productives. Les estructures de dades utilitzades en els anàlisis, s'han enfocades a un sistema de Machine Learning que permetria intentar predir comportaments futurs.

Encara que no ens trobem immersos en la totalitat de la indústria 4.0, les primeres passes ja han estat realitzades i els sistemes d'anàlisi com el dissenyat, aviat començaran a formar part del dia a dia de les empreses industrials.

---

<sup>1</sup> Un sistema asíncron és aquell on les seves etapes no funcionen de forma seqüencial sinó independentment una de l'altra.





## Anàlisi Econòmica

Amb l'objectiu de realitzar una aproximació en termes econòmics el més possible al real, es troben disponibles els diversos costos del projecte desglossats segons categoria: el hardware, les llicències i la mà d'obra requerida.

En primer lloc s'analitzaran de forma desglossada cada una d'aquestes categories, i posteriorment es realitzarà una petita gestió d'inversions i costos.

*Per motius de seguretat i confidencialitat, no s'introdueixen en aquesta memòria els costos relatius a la infraestructura interna utilitzada com a suport del projecte.<sup>1</sup>*

### Costs de Hardware

En termes de hardware, el cost general de l'equipament utilitzat es resumeix en una inversió inicial, sense costos de manteniment almenys els primers tres anys. (Veure: Annex A - Especificacions tècniques)

HARDWARE	2019 (Inversió)	2020	2021	2022	2023
FMS (Línia de producció) <sup>1</sup>	-	-	-	-	-
PC de desenvolupament	330,00 € <sup>2</sup>	-	-	-	-
PC de producció	404,00 € <sup>1</sup>	-	-	-	-

<sup>1</sup> Remarcant que aquesta es trobaria disponible independentment d'aquest projecte i per tant, es podria considerar com a infraestructura sense cost

<sup>2</sup> Vincle directe: Taula 19. Especificacions tècniques detallades del Hardware utilitzat.

<i>Aprovisionament de material<sup>1</sup></i>	-	-	-	30,00 €	30,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>734,00 €</b>	-	-	<b>30,00 €</b>	<b>30,00 €</b>

Taula 14. Costs del hardware i equipament utilitzat pel projecte.

## Costs de llicències

Les llicències, són possiblement un dels factors més representatius. En moltes ocasions utilitzar software prèviament desenvolupat i testejat, et proporciona confiança, seguretat i sobretot, t'estalvia temps.

LLICÈNCIES		2019	2020	2021	2022	2023
<i>Sistema de backups<sup>2</sup></i>	<b>ARCSERVE</b>	37,24 €	37,24 €	37,24 €	37,24 €	37,24 €
<i>Entorn de desenvolupament</i>	<b>VisualStudio 2017 Professional</b>	350,00 €	350,00 €	350,00 €	350,00 €	350,00 €
<i>Hosting</i>	<b>Apache</b>	-	-	-	-	-
<i>Base de dades</i>	<b>MariaDB</b>	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> En aquesta secció s'agrupen totes les compres de material destinat al manteniment del Hardware.

<sup>2</sup> Cotització de llicència individual d'una estació de treball. Cal mencionar que s'està utilitzant un Appliance UDP 7300 amb llicències il·limitades fins el consum de tot l'emmagatzematge de 8TB després de deduplicació y compressió.

<i>Sistema operatiu</i>	<b>Windows 10 OEM<sup>1</sup></b>	-	-	-	-	-
<i>Antivirus</i>	<b>Symantec Antivirus SEP14</b>	70,00 €	70,00 €	70,00 €	70,00 €	70,00 €
<i>Software de desenvolupament</i>	<b>R</b>	-	-	-	-	-
<i>Software de representació gràfica<sup>2</sup></i>	<b>Tableau Creator</b>	\$840,00	\$840,00	\$840,00	\$840,00	\$840,00
	<b>Tableau Explorer</b>	\$210,00	\$210,00	\$210,00	\$210,00	\$210,00
	<b>Tableau Viewer</b>	\$180,00	\$180,00	\$180,00	\$180,00	\$180,00
<b>TOTAL TEÒRIC</b>		<b>1.534,24 €</b>	<b>1.534,24 €</b>	<b>1.534,24 €</b>	<b>1.534,24 €</b>	<b>1.534,24 €</b>
<b>TOTAL REAL<sup>1</sup></b>		<b>457,24 €</b>	<b>457,24 €</b>	<b>457,24 €</b>	<b>457,24 €</b>	<b>457,24 €</b>

Taula 15. Costs de les llicències utilitzades en el projecte.

## Costs de la mà d'obra

Per poder establir els preus unitaris, s'han realitzat les consultes necessàries als departaments corresponents de KOSTAL, de forma que aquestes són a data d'avui, una realitat.

<sup>1</sup> Inclòs en el preu del Hardware.

<sup>2</sup> Com s'ha detallat en apartats anteriors, al principi d'aquest projecte l'empresa ja disposava de llicències de *Tableau* enfocades a altres usos i la compra d'aquestes no ha estat necessària. (S'ha utilitzat la conversió aproximada de 0,90 €/€)

	<b>Nº JORNADES DEDICADES</b>	<b>PREU UNITARI (BRUT)</b>	<b>INVERSIÓ</b>
<b>Informàtica o IT</b>	3 Jornades	350,00 € / Jornada	1.050,00 €
<b>Enginyeria de Test i Automatismes</b>	64 mitges Jornades	180,00 € / Jornada <sup>1</sup>	5.760,00 €
<b>Managers</b>	1 Jornada	600,00 € / Jornada	600,00 €
<b>TOTAL TEÒRIC</b>			<b>7.410,00 €</b>
<b>TOTAL REAL<sup>1</sup></b>			<b>1.650,00 €</b>

*Taula 16. Costs de la mà d'obra requerida al projecte.*

## **Reducció de costs**

Partint de les idees inicials dels KPIs i en específic, de l'OEE, el sistema dissenyat i implementat en aquest projecte, és un útil o eina que permet comprendre la situació actual de la línia de producció FMS i permet aplicar mesures d'eficiència necessàries per augmentar l'OEE.

Segons els càlculs i estimacions realitzades pel manager del departament d'enginyeria de processos de KOSPA i tutor de l'estudiant, Eduard Torres, s'estima que fins al maig del 2020, gràcies al sistema

<sup>1</sup> Destacar que al realitzar-se aquest projecte mitjançant un contracte estudiant UPC – Empresa, aquest es troba fora de remuneració.

dissenyat i implementat, es pot aconseguir incrementar l'OEE fins al 70%<sup>1</sup>. I en conseqüència, reduir el costs<sup>2</sup> de producció de les línies FMS.

En l'actualitat, l'OEE d'ambdues línies de producció ronda el 40%<sup>3</sup>, estariem parlant d'un increment considerable.

Per a la correcta realització de les taules de càlcul relatives a la reducció de costs cal disposar de les taxes de màquina<sup>4</sup> de les FMS. Per motius de seguretat i confidencialitat no s'utilitzarà la taxa de màquina de l'últim any.<sup>5</sup>

$$\text{Taxa de màquina} = 63,29 \text{ €/h}$$

En aquesta taxa s'inclouen tan els costs fixes com variables, des de la inversió i amortització de la màquina a tots els recursos que necessita pel seu funcionament.

Per més detall, aquesta taxa es desglossa en els costs fixes i variables indicats a continuació:

$$\text{Costs fixes} = 32,60 \text{ €/h}$$

$$\text{Costs variables}^6 = 30,69 \text{ €/h}$$

Els costs fixes, com el seu nom indica, sempre són els mateixos i són independents del OEE de la màquina, per altra banda, els variables s'hi troben directament relacionats i qualsevol variació en OEE, per petita que sigui, influiria en aquests costs.

---

<sup>1</sup> Tot i això, aquest valor seguiria sota del objectiu d'empresa del 80%.

<sup>2</sup> Matisar que no es parla de increment de beneficis sinó de reducció de costs.

<sup>3</sup> 50% en el cas de la FMS2 i 30% en el de la FMS3.

<sup>4</sup> Una taxa de màquina és un valor numèric que agrupa tots els costs que li suposa a l'empresa disposar d'aquella màquina en funcionament durant el període d'una hora.

<sup>5</sup> Per decisió empresarial s'utilitzarà la taxa de màquina del 2016, que encara que no és idèntica a la del 2019 s'hi aproxima considerablement.

<sup>6</sup> Tot i dir-se variables, aquests són una agrupació d'elements variables que a la llarga són considerats constants.

En l'actualitat, a les FMS es lasera una mitjana de 35.000 peces per línia i dia<sup>1</sup> amb uns costos variables de 30,69 €/h. Amb tot l'anteriorment comentat, i tenint en consideració que aquests línies treballen 24h al dia durant 250 dies/any, podem realitzar la següent estimació de reducció de costos per línia productiva.

- Primer calculem els costos variables per dia:

$$30,69 \text{ (€/h)} * 24 \text{ (h/dia)} = 736,56 \text{ (€/dia)} \quad (5)$$

- Segon, calculem el cost variable de cada peça que es lasera en qualsevol FMS:

$$\frac{736,56 \text{ (€/dia)}}{35.000 \text{ (peces/dia)}} = 0,021 \text{ (€/peça)} \quad (6)$$

- Tercer, calculem l'increment de peces que suposaria un increment de l'OEE del 40% al 70%. Actualment s'estan laserant 35.000 (peces/dia) de forma si considerem l'increment, s'estarien laserant 61.250 (peces/dia).<sup>2</sup>

*Ens trobaríem davant un increment de 26.250 (peces/dia).*

- Amb aquesta nova mitjana, veuríem els costos variables de cada peça laserada en una FMS reduïts a:

$$\frac{736,56 \text{ (€/dia)}^3}{61.250 \text{ (peces/dia)}} = 0,012 \text{ (€/peça)} \quad (7)$$

*Estaríem parlant d'una reducció dels costos variables de 0,009 (€/peça)*

<sup>1</sup> Valor obtingut a partir del nombre de peces laserades en el 2018 en relació al nombre de dies treballats.

<sup>2</sup> Aquesta aproximació és pot considerar única i exclusivament per què l'element clau que redueix el rendiment de les FMS és la disponibilitat.

<sup>3</sup> Com prèviament esmentat, es consideren els costos variables com a constants.

- Calculem ara, quina reducció global suposaria:

$$0,009 \text{ (€/peça)} * 61.250 \text{ (peçes/dia)} * 250 \text{ (dies/any)} \quad (8)$$

$$= 138.105,00 \text{ (€/any)}$$

Recordant que el sistema s'ha implementat a dues de les tres FMS<sup>1</sup>, estariem parlant d'un reducció de costs anual de:

$$138.105,00 \text{ (€/any i FMS)} * 2 \text{ (FMS)} = 276.210 \text{ (€/any)}^2 \quad (9)$$

Es considera que durant els mesos restants del 2019 i fins el maig del 2020, l'OEE disposarà d'una evolució constant de forma que la reducció dels anys 2019 i 2020 es detalla a continuació<sup>3</sup>:

$$\text{Any 2019} \quad 19.986,56 \text{ (€/any i FMS)} * 2 \text{ (FMS)} \quad (10)$$

$$= 39.973,12 \text{ (€/any)}$$

$$\text{Any 2020} \quad 123.662,53 \text{ (€/any i FMS)} * 2 \text{ (FMS)} \quad (11)$$

$$= 247.325,06 \text{ (€/any)}$$

REDUCCIÓ DE COSTS	2019 (Inversió)	2020	2021	2022	2023
FMS	39.973,12 €	247.325,06 €	276.210,00 €	276.210,00 €	276.210,00 €

Taula 17. Resum any a any de la reducció de costs.

<sup>1</sup> No s'ha pogut implementar a la tercera FMS perquè aquesta no es troba funcional al 100%, però s'ha deixat el sistema preparat per implementar amb un sol canvi de paràmetre booleà de configuració.

<sup>2</sup> Valor sols vàlid pels anys on l'OEE ja s'ha establert al 70%.

<sup>3</sup> Es considera un increment constant de l'OEE del 40% al 70% fins a finals del mes de maig del 2020. (Veure: Annex B - Càlculs matemàtics)

Es considera una evolució constant a partir d'una regressió lineal durant l'any d'implementació. En aquest, es realitzaran tots els canvis necessaris per què l'OEE s'incrementi fins al 70% de cara al mes de maig del pròxim any.

## Gestió d'inversions i costs

Si s'observen les taules anteriors en conjunt, en total, pel primer any del projecte s'han requerit 734,00 € de hardware, 457,24 € de llicències i 1.650,00 € de mà d'obra, que en conjunt sumen un total de 2.841,24 €. Aquest valor, és el que es podria considerar la inversió duta a terme en el desenvolupament del projecte.

A continuació, es realitzarà una comparativa de costs el més real possible, que permeti generar una idea relativa al cost real que podria suposar la implementació d'aquest projecte, per exemple, en altres indústries.

Per obtenir una aproximació el més realista possible s'utilitza el concepte de VAN<sup>1</sup> que es calcula com a continuació s'explica.

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{S_t}{(1+i)^t} \quad (12)$$

On

- $T$  Horitzó de la inversió
- $S_t$  Moviment de fons en el període  $t$
- $i$  Taxa d'interès real<sup>2</sup>

Paral·lelament al VAN, en projectes com aquest es sol calcular també el TIR<sup>3</sup> i el DIM<sup>4</sup>. En el cas d'aquests paràmetres, com a continuació s'observa una diferència de costs tan gran, s'ha obviat el seu

<sup>1</sup> El VAN o valor actualitzat net, és un criteri d'inversió que consisteix en actualitzar els cobros i beneficis d'un projecte o inversió per poder conèixer quant es guanyarà o perdrà amb aquesta inversió. (Velayos)

<sup>2</sup> Taxa d'interès real o taxa de descompte, definida en aquest cas del 3%. (Domenech, Tardor 2018 - 2019)

<sup>3</sup> TIR o Taxa interna de rendibilitat la qual ens ajuda a posar límit a la taxa d'interès real i definir a partir de quin s'obtidrien beneficis.

<sup>4</sup> DIM o dimensió, paràmetre que fa referència als períodes necessaris per amortitzar la inversió.



càlcul. El projecte s'ha vist amortitzat dintre del mateix any d'implementació, de forma que la dimensió del projecte és inferior a un any i la taxa interna de rendibilitat és tan elevada que el seu càlcul és despreciable.

<b>Any</b>	<b>2019 (Inversió)</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<i>Costs hardware</i>	734,00 €	0,00 €	0,00 €	30,00 €	30,00 €
<i>Costs llicències</i>	457,24 €	457,24 €	457,24 €	457,24 €	457,24 €
<i>Costs de la mà d'obra</i>	1.650,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<i>Costs de manteniment<sup>1</sup></i>	0,00 €	180,00 €	180,00 €	180,00 €	180,00 €
<i>Costs totals</i>	2.841,24 €	637,24 €	637,24 €	667,24 €	667,24 €
<i>Reducció de costs</i>	39.973,12 €	247.325,06 €	276.210,00 €	276.210,00 €	276.210,00 €
<i>Moviments de fons</i>	39.973,12 €	247.325,06 €	275.572,76 €	275.542,76 €	275.542,76 €
<i>Actualitzat (VAN)</i>	39.973,12 €	240.121,42 €	259.753,76 €	252.160,66 €	244.816,17 €
<i>Acumulat</i>	39.973,12 €	280.094,54 €	539.848,30 €	792.008,96 €	1.036.825,13 €

*Taula 18. Càlcul del VAN del projecte i la seva implementació*

Com s'observa en la taula anterior, ens trobem en una situació on la implementació d'aquesta eina genera una reducció considerable del cost de producció.

Assolint les condicions d'OEE contemplades, al 2023 l'empresa hauria reduït els seus costs de producció en 1.036.825,13 €.

<sup>1</sup> S'han estimat uns costs de manteniment equivalents al preu d'una jornada d'enginyer recent titulat en el departament d'Enginyeria de Test i Automatismes a l'any.



## Bibliografia

**Ahmed, Reshma. 2019.** Edureka. [En línia] 05 / Març / 2019. [Data: 17 / Abril / 2019.] <https://www.edureka.co/blog/tableau-vs-qlikview/>.

**Brandall, Benjamin. 2018.** Process Street. [En línia] 31 / Octubre / 2018. [Data: 24 / Febrer / 2019.] <https://www.process.st/waterfall-vs-agile/>.

**Cantante, Sandro. 2018.** ImaginaryCloud. [En línia] 05 / Desembre / 2018. [Data: 24 / Febrer / 2018.] <https://www.imaginarycloud.com/blog/did-agile-kill-waterfall/>.

**Domenech, Bruno. Tardor 2018 - 2019.** *Apunts - Organització de la Producció*. s.l. : EEBE, Tardor 2018 - 2019.

**Editor, Experfy. 2014.** Experfy. [En línia] 20 / Maig / 2014. [Data: 15 / Abril / 2019.] <https://www.experfy.com/blog/qlikview-vs-tableau-review-two-visualization-giants>.

Educba. [En línia] [Data: 14 / Abril / 2019.] <https://www.educba.com/tableau-vs-qlikview/>.

**Foley, Andrew.** ClearPoint Strategy. [En línia] [Data: 15 / Abril / 2019.] <https://www.clearpointstrategy.com/qlikview-vs-tableau/>.

**2018.** IntelliPaat. [En línia] 14 / Novembre / 2018. [Data: 14 / Abril / 2019.] <https://intellipaat.com/blog/tableau-vs-qlikview-difference/>.

Klipfolio. [En línia] [Data: 20 / Març / 2019.] <https://www.klipfolio.com/resources/articles/what-is-a-key-performance-indicator>.

**Legerstee, Michaela i Rommens, Thom. 2018.** CMotions. [En línia] 31 / Gener / 2018. [Data: 21 / Abril / 2019.] <https://cmotions.nl/en/powerbi-qlikview-tableau-datavisualisationtool-part1/>.

**Lotz, Mary. 2018.** Segue Technologies. [En línia] 5 / Juliol / 2018. [Data: 24 / Febrer / 2019.] <https://www.seguetech.com/waterfall-vs-agile-methodology/>.

**Mueller, Steve. 2017.** Planet of Success. [En línia] 01 / Abril / 2017. [Data: 21 / Maig / 2019.] <http://www.planetofsuccess.com/blog/2015/stephen-coveys-time-management-matrix-explained/>.

**Oliver, Joan Jaume. Maig 2019.** *Harvard Data Science Capstone - Biomechanical features of orthopedic patients*. Maig 2019.

**Oliver, Joan Jaume. Abril 2019.** *Harvard Data Science Capstone - MovieLens Project.* s.l. : Harvard University, Abril 2019.

Software Advice. [En línia] [Data: 15 / Abril / 2019.] <https://www.softwareadvice.com/bi/qlikview-vs-tableau/>.

**Talbot, Julian.** [En línia] [Data: 17 / Maig / 2019.] <https://www.juliantalbot.com/single-post/2018/07/31/Whats-right-with-risk-matrices>.

**Technologies, Segue. 2015.** Segue Technologies. [En línia] 25 / Agost / 2015. [Data: 24 / Febrer / 2019.] <https://www.seguetech.com/8-benefits-of-agile-software-development/>.

**Velayos, Víctor.** Economipedia. [En línia] [Data: 2019 / Maig / 23.] <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>.

**Yerro, Ester. 2018.** Infoempleo. [En línia] 03 / Març / 2018. [Data: 21 / Maig / 2019.] <http://blog.infoempleo.com/a/que-es-el-networking-y-para-que-sirve/>.

---

## Annex A - Especificacions tècniques

### A1. Detall del Hardware utilitzat en el projecte

	<i>Prod Suite<sup>1</sup></i>	<i>Office Suite<sup>2</sup></i>
<b>Model</b>	HP ProDesk 600 G3 Desktop Mini PC	PC HP ProDesk 600 G1 modelo base cn factor de forma reducido
<b>Processador</b>	Intel Core i3 7100T 7Gen 3.4 2400MHz Dual Core	Intel Core i3-4360 3.7G 4M HD 4600 CPU
<b>Sistema Operatiu</b>	CPU	Microsoft Windows 8.1 Pro downgrade to Win7 pro 64 OS SP
<b>RAM</b>	8GB (2x4GB) DDR42400 SODIMM Memory	8GB DDR3-1600 DIMM (1x8GB) RAM
<b>Hard Disk</b>	256GB Solid State Drive	500GB 7200 RPM SATA 6G 3.5 HDD
<b>Teclat</b>	USB Business Slim Wired Keyboard SP	HP USB Keyboard - ME SP
<b>Ratolí</b>	HP Optical Wired Mouse USB	HP USB Mouse

<sup>1</sup> Ordenador de producció.

<sup>2</sup> Ordenador de desenvolupament.

<b>NIC<sup>1</sup> WIFI</b>	Intel 7265 ac 2x2 +Bluetooth	-
<b>Ports addicionals</b>	Desktop Mini G3 Serial Port - SRP	-
<b>Alimentació</b>	65 Watt DM Ext Power Adapter External Power Supply	180 Watt DM Internal Power Supply
<b>Garantia</b>	3/3/3 (material/labor/onsite) <sup>2</sup> DM Warranty EURO	3/3/3 (material/labor/onsite) <sup>1</sup> SFF Warranty EURO
<b>PREU</b>	<b>404,00 €</b>	<b>330,00 €</b>

Taula 19. Especificacions tècniques detallades del Hardware utilitzat.

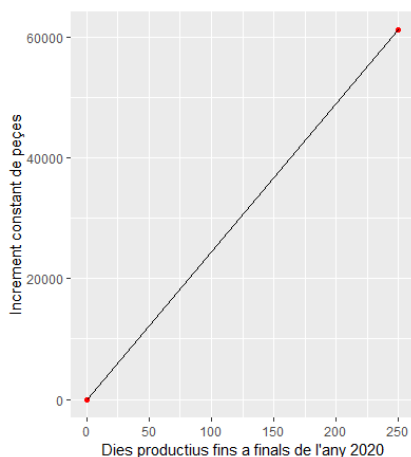
<sup>1</sup> Network Interface Card

<sup>2</sup> El servei o la garantia cobreix 3 anys de material, 3 anys de treball i 3 anys suport en el lloc

## Annex B - Càlculs matemàtics

### B1. Reducció de costos durant l'any d'inversió i implementació

Per calcular la reducció de costos durant l'any zero, considerem un increment constant del 40% al 70% fins al finals de maig del 2020<sup>1</sup>.



Il·lustració 41. Evolució del nombre de peces produïdes fins a final de maig del 2020. [Font: Joan Jaume Oliver]

Si observem el gràfic de l'esquerra, observem la presència de 250 dies de treball i un objectiu d'increment de 26.250 peces.

Calculem l'equació de la recta:

$$x \rightarrow \text{Dies } [0, 250]$$

$$y \rightarrow \text{Nombre de peces}$$

$$\frac{x}{250} = \frac{y - 35.000}{61.250 - 35.000} \quad (13)$$

$$y = \frac{26.250}{250} \cdot x + 35.000 \quad (14)$$

Creem una funció que ens ajudi a calcular la reducció de costos:

$$\text{Reducció} = \sum_0^{250} \left( \left( \frac{736,56}{35.000} \right) - \left( \frac{736,56}{\left( \frac{26.250}{250} \cdot x + 35.000 \right)} \right) \right) \cdot \left( \frac{26.250}{250} \cdot x + 35.000 \right) \quad (15)$$

<sup>1</sup> Equivalent a 250 dies productius.

Es filtra per anys naturals amb l'objectiu de poder actualitzar els valors resultants:

*Reducció (juny a desembre del 2019)*

$$= \sum_0^{134} \left( \left( \frac{736,56}{35.000} \right) - \left( \frac{736,56}{\left( \frac{26.250}{250} \cdot x + 35.000 \right)} \right) \right) \cdot \left( \frac{26.250}{250} \cdot x + 35.000 \right) = 19.986,56 \text{ (€)} \quad (16)$$

*Reducció (gener a maig del 2020)*

$$= \sum_{134}^{250} \left( \left( \frac{736,56}{35.000} \right) - \left( \frac{736,56}{\left( \frac{26.250}{250} \cdot x + 35.000 \right)} \right) \right) \cdot \left( \frac{26.250}{250} \cdot x + 35.000 \right) = 49.638,25 \text{ (€)} \quad (17)$$

*Reducció (juny a desembre 2020)*

$$= 138.105,00 \text{ (€)} \cdot \frac{250 - (250 - 134)}{250} = 74.024,28 \text{ (€)} \quad (18)$$

*Reducció (2020)*

$$\begin{aligned} &= \text{Reducció (gener a maig del 2020)} \\ &+ \text{Reducció (juny a desembre del 2020)} \\ &= 49.638,25 \text{ (€)} + 74.024,28 \text{ (€)} = 123.662,53 \text{ (€)} \end{aligned} \quad (19)$$



